

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
Міністерства освіти і науки України

Державна установа «Національний науково-дослідний інститут  
промислової безпеки та охорони праці»  
Державна служба України з питань праці  
Національна академія наук України

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

**ІЛЬЧУК ОКСАНА СТЕПАНІВНА**

**УДК 331.46**

**ДИСЕРТАЦІЯ**  
**ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ОХОРОНОЮ**  
**ПРАЦІ НА МАШИНОБУДІВНОМУ ВИРОБНИЦТВІ МЕТОДАМИ**  
**БЕНЧМАРКІНГУ**

Спеціальність 05.26.01 – охорона праці  
Галузь знань 26 – цивільна безпека

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.



О. С. Ільчук

Науковий керівник:

Левченко Олег Григорович  
доктор технічних наук, професор

Київ – 2018

## АНОТАЦІЯ

*Льчук О.С.* Підвищення рівня ефективності управління охороною праці на машинобудівному виробництві методами бенчмаркінгу. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.26.01 «Охорона праці». – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». – ДУ «Національний науково-дослідний інститут промислової безпеки та охорони праці», Київ, 2018.

Дисертацію присвячено вирішенню актуальної наукової задачі – підвищення рівня ефективності управління охороною праці на машинобудівному виробництві з використанням методів математичного моделювання, які дають можливість у рамках запропонованих моделей здійснити оптимальний вибір заходів з охорони праці.

У роботі проаналізовано наявні підходи до системи управління охороною праці на виробництві, визначено їх особливості та доцільність використання на підставі статистичної інформації, одержаної на діючих підприємствах.

Проаналізовано та визначено основні причини виникнення виробничого травматизму в галузі машинобудування, чинники, індикатори та показники, які впливають на стан охорони праці та на методи управління охороною праці.

Для виділення найбільш значущих причини виробничого травматизму в галузі машинобудування шляхом фінансування тих заходів з охорони праці, які є визначальними для зниження показника виробничого травматизму і для одночасного зниження витрат на інші заходи за рахунок усунення зайвих функцій і видів робіт застосовано два підходи. Перший підхід ґрунтується на експертному аналізі (для попереднього аналізу застосовано експертно-статистичний відбір, а остаточний відбір та групування факторів виконано методом головних компонент), другий – на статистичних даних (*ABC*-аналіз).

На основі методу експертних оцінок виокремлено дванадцять найбільш

вагомих причин виробничого травматизму та встановлено їх рангову послідовність. За методом головних компонент визначено коефіцієнти кореляції між основними причинами виникнення нещасних випадків, що дало змогу формалізувати оптимізаційні розрахунки щодо заходів з охорони праці.

Виокремлено основні причини виникнення нещасних випадків на основі закону Парето та *ABC*-аналізу, серед яких: невиконання вимог інструкцій з охорони праці; незадовільний технічний стан виробничих об'єктів, будинків, споруд, території; невиконання посадових обов'язків; порушення вимог безпеки під час експлуатації транспортних засобів, устаткування, машин, механізмів тощо; порушення технологічного процесу. Метод *ABC*-аналізу дав змогу класифікувати причини виробничого травматизму залежно від їхньої значущості.

Запропоновано впровадити коефіцієнт конкордації як критерій узгодженості результатів, який отримано за методами головних компонент і *ABC*-аналізу. Визначено, що коефіцієнт конкордації дорівнює 0,92, що свідчить про адекватність та ідентичність запропонованих методів.

Для встановлення відносної значущості досліджуваних об'єктів на основі їх упорядкування розроблено математичну модель рейтингового оцінювання рівня стану охорони праці на машинобудівному виробництві за допомогою правил Борда та Копленда.

Здійснено аналіз безпеки трудового процесу машинобудівного виробництва за критерієм трудового збитку, що дало можливість проаналізувати сумарні втрати, пов'язані з виробничою діяльністю виробничого персоналу, та збиток від втрати працездатності. Математично доведено, що чим менші фізіологічна надійність людини, ймовірність безпомилкових дій та характеристики надійності техніки, тим більший ризик виникнення аварійної ситуації і допущення браку, тобто, вищий виробничий збиток.

Розраховано ризик виробничого травматизму (PBT) для чотирьох машинобудівних виробництв: Волочиський машинобудівний завод ПАТ "Мотор Січ", ПАТ "Крюківський вагонобудівний завод", ПАО "Новокраматорський машинобудівний завод"; ПАТ "Роменський завод "Тракторозапчастина".

Отримані результати позрахунку РВТ показують, що основну увагу для подальших досліджень потрібно надати ПАТ "Роменський завод "Тракторозапчастина", оскільки ступінь ризику на даному виробництві високий.

Враховуючи результати методів головних компонент, АВС-аналізу та ранжування машинобудівних виробництв, для зниження виробничого травматизму в галузі машинобудування встановлено список заходів з охорони праці, на які потрібно направити фінансування для досягнення поставленої мети.

Удосконалено та адаптовано метод цілочисельної покрокової оптимізації, що дає можливість вибору оптимальної сукупності щорічного впровадження заходів з охорони праці з урахуванням наданих економічних ресурсів. Цільова функція скерована на мінімізацію показників виробничого травматизму, небезпечності виробничого обладнання та ризику виробничого травматизму. Проведено поглиблений аналіз варіантів вибору заходів з охорони праці окремо для кожного з виробництв, які за результатами ранжування є «найкращими» та «найгіршими». Математично доведено, що впровадження методології бенчмаркінгу на ПАТ «Роменський завод «Тракторозапчастина» зменшить показник виробничого травматизму на 9,8 %, а високий ступінь ризику виробничого травматизму ( $4 \cdot 10^{-5}$ ) знизиться до середнього ( $1,2 \cdot 10^{-6}$ ).

Розраховано, що дане дослідження підвищить рівень ефективності управління охороною праці на машинобудівному виробництві на 20,1 %.

На основі положень бенчмаркінгу стосовно системи управління розроблено методику, яка дає можливість оптимального вибору заходів, доповнення та удосконалення системи управління охороною праці, розширення її функціональних можливостей з метою удосконалення завдання розподілу економічних ресурсів на машинобудівних виробництвах.

Розроблено алгоритм прийняття управлінських рішень на основі положень бенчмаркінгу, що дає можливість підвищити ефективність організаційних і управлінських рішень завдяки цільовій орієнтації та зменшує ризик виробничого травматизму.

Наведено оцінку економічних результатів впровадження заходів з охорони праці щодо запобігання аварій на машинобудівних підприємствах, що зменшує збитки в середньому на 10 %.

Розроблені заходи та практичні рекомендації з охорони праці впроваджено на ПрАТ «АвтоКрАЗ». Результати наукових досліджень використано в навчальному процесі кафедри охорони праці, промислової та цивільної безпеки КПІ ім. Ігоря Сікорського.

**Ключові слова:** охорона праці, виробничий травматизм, машинобудування, бенчмаркінг, метод головних компонент, АВС-аналіз, ранжування, ефективність управління, метод цілочисельної покрокової оптимізації.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

*Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:*

1. О. С. Ільчук, В. П. Розен, "Індикативний аналіз рівня травматизму на виробництві", *Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний університет". Серія «Гірництво»: збірник наукових праць*, № 26, с. 156-162, 2014. (BASE, WorldCat, Google Scholar, OpenAIRE, Research Bible, UIF, OAJI (Open Academic Journals Index)).

(Особистий внесок здобувача: аналіз показників впливу на виробничий травматизм).

2. О. С. Ільчук, "Бенчмаркінг охорони праці для машинобудівних виробництв України", *Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". Серія "Гірництво": збірник наукових праць*, № 34, с. 60-65, 2017. (BASE, WorldCat, Google Scholar, OpenAIRE, Research Bible, UIF, OAJI (Open Academic Journals Index)).

3. О. Г. Левченко, О. С. Ільчук, "Математичне моделювання процесу оцінювання рівня ефективності управління охороною праці в галузі машинобудування", *Науковий журнал "Енергетика: економіка, технології, екологія"*, № 4, с. 170-175, 2017. (Google Scholar, Index Copernicus, WorldCat, BASE, OpenAIRE, PIHЦ, Джерело, URAN, Open Academic Journal Index (OAJI),

*Polska Bibliografia Naukowa, Research Bible, International Institute of Organized Research (I2OR), Academic Keys, General Impact Factor, Directory of Research Journals Indexing (DRJI), Scientific Indexing Services, Cosmos Impact Factor, Infobase Index, Real Time Impact Factor).*

(Особистий внесок здобувача: ранжування машинобудівних виробництв, розроблення математичної моделі та матриці спостереження).

4. О. Г. Левченко, О. С. Ільчук, "Оптимальне управління розподілом та перерозподілом економічних ресурсів при виборі проектів з охорони праці для машинобудівних виробництв", *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць*, № 44(1266), с. 151-157, 2017. (*WorldCat, ResearchBib, Bielefeld Academic Search Engine (BASE), Scientific Indexing Services (SIS), General Impact Factor (GIF), Open Academic Journals Index (OAJI), Directory Indexing of International Research Journals, Ulrich's Periodicals Directory (New Jersey, USA)*)).

(Особистий внесок здобувача: формулювання математичної постановки задачі параметричного програмування вибору проектів з охорони праці для машинобудівних виробництв, удосконалення програмного алгоритму моделі вибору проектів з охорони праці, розробленого в середовищі Microsoft Excel за допомогою макроса).

5. Ільчук О. С. "Застосування методу цілочисельної покрокової оптимізації для зниження виробничого травматизму", *Наукові доповіді НУБіП України. Серія "Техніка та енергетика АПК": збірник наукових праць*, № 3 (73), 2018. [Електронний ресурс]. Доступно: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/issue/view/421>. (*Google Scholar, Index Copernicus, BASE, eLIBRARY, AGRIS, SIS, ResearchBib, Ulrichsweb, ПИНЦ, USJ, MIAR*).

*Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:*

6. О. С. Ільчук, "Використання методу головних компонент у дослідженні виробничого травматизму України", VII міжнародна науково-технічна конференція "Енергетика. Екологія. Людина". Наукові праці НТУУ

"КПІ", Київ, 2016, с. 342-349.

7. О. Г. Левченко, О. С. Ільчук, "Оцінювання ефективності управління охороною праці з використанням правил ранжування за показниками впливу на рівень їх виробничого травматизму", *Актуальні питання сучасної науки (Частина II): Мат. III Міжнар. наук.-практ. конф.*, Київ, 2017, с. 41-43.

(Особистий внесок здобувача: складання алгоритму проведення ранжування виробництв).

8. Л. О. Мітюк, О. Ю. Арламов, О. С. Ільчук, "Динаміка виробничого травматизму в Україні за 2012 рік", *Збірка тез доповідей XVI Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих учених «Екологія. Людина. Суспільство»*, Київ, 2013, с.193.

(Особистий внесок здобувача: систематизація та аналіз подій і причин нещасних випадків на виробництві, що призвели до смертельних і тяжких наслідків).

9. Л. О. Мітюк, О. С. Ільчук, Н. А. Родюк, "Аналіз виробничого травматизму в Україні за 2013 рік", *Збірка тез доповідей XVII Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих учених "Екологія. Людина. Суспільство"*, Київ, 2014, с. 148.

(Особистий внесок здобувача: розподіл потерпілих за причинами нещасних випадків).

10. Л. О. Мітюк, О. С. Ільчук, Т. М. Таїрова, Ю. О. Хомуйло, І. Ю. Жук, "Стан виробничого травматизму в Україні за 2014 рік", *Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки: Збірник матеріалів Дванадцятій Всеукраїнської науково-методичної конференції*, Київ, 2015, с. 274-277.

(Особистий внесок здобувача: узагальнення та аналіз даних за звітами органів Держгірпромнагляду про стан безпеки праці на виробництві).

11. Л. О. Мітюк, О. С. Ільчук, О. О. Блонський, В. О. Кузьмін, "Динаміка виробничого травматизму в Україні за 2014 рік", *Збірка тез доповідей XVIII Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих учених "Екологія. Людина. Суспільство"*, Київ, 2015, с. 176.

(*Особистий внесок здобувача: систематизація та аналіз подій і причин нещасних випадків на виробництві, що призвели до смертельних і тяжких наслідків*).

12. О. С. Ільчук, О. В. Солнцев, "Обґрунтування раціональності імплементації директиви 2009/104/ЄС в дійсне законодавство України", *Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки: Збірник матеріалів Тринадцятої Всеукраїнської науково-методичної конференції*, Київ, 2015, с. 117-120.

(*Особистий внесок здобувача: порівняння окермих пунктів Директиви №2009/104/ЄС та Постанови Кабінету Міністрів України від 26 травня 2004 року № 687, що розроблена відповідно до статті 21 Закону України "Про охорону праці"*).

13. Л. О. Мітюк, О. С. Ільчук, Б. Ю. Бондар, "Динаміка виробничого травматизму в Україні за 2015 рік", *Матеріали XIX Міжнародної науково-практичної конференції "Екологія. Людина. Суспільство"*, Київ, 2016, с. 151.

(*Особистий внесок здобувача: систематизація та аналіз подій і причин нещасних випадків на виробництві, що призвели до смертельних і тяжких наслідків*).

14. Ю. В. Міхєєв, О. С. Ільчук, О. В. Божок, Ю. О. Хомуйло, "Концептуальні основи безпеки трудового процесу об'єкта господарської діяльності по критерію трудового збитку", *Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки: Збірник матеріалів Чотирнадцятої Всеукраїнської науково-методичної конференції*, Київ, 2016, с. 299-303.

(*Особистий внесок здобувача: аналіз сумарних втрат, пов'язаних з виробничою діяльністю виробничого персоналу*).

15. О. С. Ільчук, Д. А. Комаров, "Захист працівників штампувальних цехів від шкідливого впливу шуму", *Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки: Збірник матеріалів П'ятнадцятої Всеукраїнської науково-методичної конференції*, Київ, 2016, с. 100-103.

(*Особистий внесок здобувача: розроблення технічних рішень боротьби з*



шумом).

16. О. Г. Левченко, О. С. Ільчук, "Проблеми виробничого травматизму в галузі машинобудування", *Інноваційний розвиток гірничодобувної галузі: Зб. мат. міжнар. наук.-техн. інтернет-конференції*, Кривий Ріг, 2016, с. 172.

(Особистий внесок здобувача: аналіз умов праці на машинобудівному виробництві).

17. О. Г. Левченко, О. С. Ільчук, "Поняття рейтингової оцінки та ранжування ефективності управління охороною праці на виробництві в галузі машинобудування", *Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки: Зб. мат. Шістнадцятої Всеукраїнської наук.-метод. конф.*, Київ, 2017, с. 170-173.

(Особистий внесок здобувача: діагностика стану рівня ефективності управління охороною праці з використанням рейтингу виробництв).

18. О. Г. Левченко, О. С. Ільчук, "Аналіз задач ефективності управління охороною праці на виробництві", *Енергетика. Екологія. Людина: Зб. наук. праць IX міжнар. наук.-техн. конф. Інституту енергозбереження та енергоменеджменту КПП ім. Ігоря Сікорського*, Київ, 2017, с. 268-273.

(Особистий внесок здобувача: структурна схема задач з підвищення рівня ефективності управління охороною праці на виробництві в умовах комплексного підходу).

19. О. Г. Левченко, О. С. Ільчук, "Формування принципів побудови рейтингу рівня виробничого травматизму в галузі машинобудування", *Інноваційний розвиток гірничодобувної галузі: Зб. мат. II міжнар. наук.-техн. інтернет-конференції*, Київ, 2017, с. 194.

(Особистий внесок здобувача: виділення основних складих оцінювання травматизму з використанням рейтингу та визначення його можливості відносно аналізу стану виробничого травматизму в галузі машинобудування).

20. О. Г. Левченко, О. С. Ільчук, "Оцінка економічних результатів впровадження заходів з охорони праці по запобіганню аварій на машинобудівних підприємствах", *Потенціал сучасної науки (Частина I): Мат. II Міжнар. наук.-практ. конф.*, Київ, 2017, с. 34.

(*Особистий внесок здобувача: аналізування методик визначення соціально-економічної ефективності від впровадження заходів з охорони праці зарубіжних і вітчизняних вчених*).

*Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:*

21. О. Г. Левченко, О. С. Ільчук, "Застосування методу АВС-аналізу та закону Парето до аналізування виробничого травматизму в галузі машинобудування", *Проблеми охорони праці в Україні*, №33, с.74-79, 2017.

(*Особистий внесок здобувача: практична реалізація методу АВС-аналізу та закону Парето, аналіз основних причин виробничого травматизму*).

22. О. Г. Левченко, О. С. Ільчук, "Аналіз та оцінка стану виробничого травматизму в галузі машинобудування", *Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". Серія "Гірництво": збірник наукових праць*, № 30, с. 171-176, 2016.

(*Особистий внесок здобувача: дослідження інформаційних джерел підходів до оцінювання травматизму на виробництві, аналізування статистичної інформації нещасних випадків*).

*Свідчення про реєстрацію авторського права:*

1. О. С. Ільчук, "Бенчмаркінг охорони праці в галузі машинобудування", № 73525, 21.08.2017.

2. О. Г. Левченко, О. С. Ільчук, "Методика бенчмаркінгу охорони праці", № 78323, 13.04.2018.

## ABSTRACT

*Ilchuk O. S.* Improvement of the level of management of labor protection in machine-engineering by methods of benchmarking. – The manuscript.

The dissertation for obtaining the scientific degree of the candidate of technical sciences in specialty 05.26.01 «Labour protection». – National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute» – The National scientific and research institute of industrial safety and labour protection, Kyiv, 2018

The dissertation is devoted to the solution of the actual scientific problem – to increase the level of effectiveness of the management of labor protection in the machine-engineering industry with the use of mathematical modeling methods, which enable the optimal selection of projects on occupational safety in the framework of the proposed models.

The current normative documents of Ukraine and EU directives concerning functioning of the system of labor protection management are analyzed and specific features of their implementation in the machine- engineering industry are determined. It has been established that, despite the tendency to reduce occupational injuries in Ukraine in general, over the last 6 years, 330 industrial workers were injured annually on machine- engineering enterprises, 20 of them with fatal consequences.

The main reasons for the occurrence of occupational injuries, factors, indicators and indicators that influence the state of labor protection and methods of management of labor protection are analyzed and determined. For a comprehensive assessment of the causes of occupational injuries, a Ishikawa chart was constructed.

To identify the most significant causes of occupational injuries in the field of machine-engineering by financing the projects of occupational safety, which are most needed to reduce the rate of occupational injuries and simultaneously reduce the cost of other projects by eliminating unnecessary functions and types of work applied two approaches.

The first approach is based on expert analysis (for the preliminary analysis, expert-statistical selection was used, and the final selection and grouping of the factors was done by the method of the main components), the second – on the statistical data (ABC-analysis).

On the basis of the expert estimation method, the 12 most significant causes of occupational injuries are identified and their ranking sequence is established. According to the method of the main components, coefficients of correlation between the main causes of accidents have been determined, which enabled to formalize optimization calculations for occupational safety measures.

The main causes of accidents are outlined on the basis of the Pareto law and ABC-analysis, among them: non-compliance with the requirements of the instructions on occupational safety; unsatisfactory technical condition; non-fulfillment of official duties; violation of safety requirements during the operation of vehicles, equipment, machinery, mechanisms, etc.; violation of the technological process. The method of ABC-analysis allows to classify the causes of occupational injuries, depending on their significance.

It is proposed to introduce the coefficient of concordance as a criterion of consistency of the results, which was obtained by the methods of the main components and ABC-analysis. It is determined that the coefficient of concordance is equal to 0.92, which testifies to the adequacy and identity of the proposed methods.

It has been determined that the indices of occupational injuries, the danger of production equipment, working conditions, the danger of technological processes, and the provision of personal protective equipment are the most significant. Based on the statistical information of these indicators by Borda and Copland methods, 44 machine-engineering enterprises of Ukraine were ordered, which made it possible to determine their rating and directly implement the methodology of benchmarking.

Taking into the results of the methods of the main components, the ABC-analysis and rankings of machine-engineering industries, a list of occupational safety measures has been set up to reduce occupational injuries in the field of machine-engineering, for which funding needs to be made to achieve the goal.

The analysis of the safety of the labor process of machine - engineering production by the criterion of labor losses has been analyzed, which made it possible to analyze the total losses associated with the production activity of the production personnel and the loss from disability. It has been mathematically proved that the lower the physiological reliability of a person, the probability of error-free actions and the characteristics of the reliability of technology, the greater the risk of emergencies and the assumption of defects, that is, higher production losses.

The method of integer step-by-step optimization has been improved and adapted, which gives the opportunity to choose the optimal set of annual implementation of

occupational safety measures, taking into account the provided economic resources. Target function is aimed at minimizing the rates of occupational injuries and hazardous production equipment.

The in-depth analysis of the options for choosing occupational safety and health measures has been carried out for each of the productions that, according to the rating, are "best" and "worst". It was determined that the implementation of the benchmarking methodology at "Romenskyi zavod "Traktorozapchastyna" will reduce the rate of occupational injuries by 9.8%.

It is established that this research will increase the level of efficiency of management of labor protection in machine-engineering production by 20,1%.

Based on the provisions of benchmarking in relation to the management system, a methodology has been developed that provides an optimal choice of projects, complements and improvements to the system of management of labor protection, expansion of its functional capabilities in order to improve the task of distributing economic resources in machine-engineering industries.

The stages of the methodology of benchmarking of labor protection are developed, the analysis and justification of each of them is given.

The estimation of economic results of implementation of safety measures for preventing accidents at machine-engineering enterprises is given, which reduces losses by an average of 10%.

Developed measures and practical recommendations for labor protection have been implemented at the Company "AvtoKrAZ".

Practical results of work are used in the educational process of the Department of Occupational Safety, Industrial and Civil Security in National Technical University in Ukraine by Igor Sikorsky.

Scientific novelty of the obtained results:

- the approach of benchmarking to the requirements of labor protection was first adapted, which made it possible to supplement and improve the system of management of labor protection, to expand its functional capabilities in the field of machine-engineering;

– for the first time a mathematical model of machine - engineering industry ranking was obtained based on Borda and Copland methods, which made it possible to increase the accuracy of evaluation and decision making in the field of occupational safety and health to reduce the level of occupational injuries;

– the method of integer step-by-step optimization was improved and adapted, which gives the opportunity to choose the optimal set of annual implementation of occupational safety measures, taking into account the provided economic resources.

– the method of expert assessments, was further developed, which made it possible to analyze and evaluate the indicators, causes of occupational injuries, which affect the effectiveness of labor protection management in the field of machine - engineering, and differ from existing multidimensional statistical analysis.

**Keywords:** labor protection, benchmarking, occupational injuries, machine-engineering, main component method, ABC-analysis, ranking, management efficiency, integrated stepwise optimization method.

## LIST OF BUILDER PUBLICATIONS

*Scientific papers, in which the main scientific results of the dissertation are published.*

*Articles in scientific and scientific-metric editions:*

1. O. Ilchuk, V. Rozen, "Indicative analysis of the injury level at production", *Herald of the National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute». Series of «Mining»*, no. 26, pp. 156-162, 2014.

2. O. Ilchuk, "Benchmarking of labor protection in the mechanical engineering sector of Ukraine", *Herald of the National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute». Series of «Mining»*, no. 34, pp. 60-65, 2017.

3. O. Levchenko, O. Ilchuk, "Mathematical modeling of evaluation process of the efficiency level of labor protection management in machine production industry", *The magazine "Energy: Economics, Technology, Ecology"*, no. 4, pp. 170-175, 2017.

4. O. Levchenko, O. Ilchuk, "Optimal management of distribution and

redistribution of economic resources of the choice of projects for labor protection for machine-building enterprises", *Bulletin of the National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute": Mechanical-technological systems and complexes*, no. 44, pp. 151-157, 2017.

5. O. Ilchuk, "Application of the method of integer step-by-step optimization for industrial injury reduction", *Scientific Herald of NULES of Ukraine. Series: Technique and energy of APK*, no. 3 (73), 2018. [Online]. Available: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidni/issue/view/421>.

*Materials and abstracts of reports at scientific conferences:*

6. L. Mitiuk, A. Arlamov, O. Ilchuk, "Dynamics of occupational injuries in Ukraine for 2012", *Collection of abstracts of the XVI International scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists "Ecology. Human. Society"*, Kyiv, 2013, p. 193.

7. L. Mitiuk, O. Ilchuk, N. Rodyuk, "Analysis of occupational injuries in Ukraine for 2013", *Collection of abstracts of the XVII International scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists "Ecology. Human. Society"*, Kyiv, 2014, p. 148.

8. L. Mitiuk, O. Ilchuk, T. Tayrova, Yu. Khomeylo, I. Zhuk, "The state of occupational injuries in Ukraine for 2014", *Problems of labor protection, industrial and civil security: A collection of materials of the Twelfth All-Ukrainian Scientific and Methodological Conference*, Kyiv, 2015, pp. 274-277.

9. L. Mitiuk, O. Ilchuk, O. Blonskii, V. Kuzmin, "Dynamics of Occupational Injury in Ukraine for 2014", *Collection of Abstracts of the XVII International Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists "Ecology. Human. Society"*, Kyiv, 2015, p. 176.

10. O. Ilchuk, O. Solntsev, "Justifying the rationality of the implementation of the Directive 2009/104/EEC in the current legislation of Ukraine", *Problems of Occupational Safety, Industrial and Civil Security: Collection of Materials of the Thirteenth All-Ukrainian Scientific and Methodological Conference*, Kyiv, 2015, pp. 117-120.

11. L. Mitiuk, O. Ilchuk, B. Bondar, "Dynamics of Occupational Injury in Ukraine for 2015", *Materials of the XIX International Scientific and Practical Conference "Ecology. Human. Society"*, Kyiv, 2016, p. 151.
12. O. Ilchuk, "Application of the principal components method for the research of industrial injuries in Ukraine", *VII International Scientific and Technical Conference "Energy. Ecology. Human" Scientific works of NTUU "KPI"*, Kyiv, 2016, pp. 342-349.
13. Yu. Mikheev, O. Ilchuk, O. Bozhok, Yu. Khomeylo, "Conceptual bases of safety of the labor process of the object of economic activity by the criterion of labor losses", *Problems of labor protection, industrial and civil Safety: A Collection of Materials of the Fourteenth All-Ukrainian Scientific-Methodical Conference*, Kyiv, 2016, pp. 299-303.
14. O. Ilchuk, D. Komarov, "Protection of workers of stamping shops from harmful influence of noise", *Problems of labor protection, industrial and civil security: Collection of materials of the Fifteenth All-Ukrainian Scientific-Methodical Conference*, Kyiv, 2016, pp. 100-103.
15. O. Levchenko, O. Ilchuk, "Problems of occupational injuries in the field of mechanical engineering", *Innovative development of the mining industry: A collection of materials for the international scientific and technical Internet conference*, Kryvyi Rih, 2016, p. 172.
16. O. Levchenko, O. Ilchuk, "Concept of the rating assessment and ranking of the effectiveness of the management of labor protection in the industry in the field of mechanical engineering", *Problems of labor protection, industrial and civil security: A collection of materials of the Sixteenth All-Ukrainian Scientific and Methodological Conference*, Kyiv, 2017, pp. 170-173.
17. O. Levchenko, O. Ilchuk, "Assessment of the effectiveness of management of occupational safety using the rules of ranking on the indicators of the impact on the level of their occupational injuries", *Actual issues of modern science (Part II): Mate. III International Scientific and Practical Conference*, Kyiv, 2017, pp. 41-43.



18. O. Levchenko, O. Ilchuk, "Analysis of the tasks of efficiency management of labor protection in the production", *IX International Scientific and Technical Conference "Energy. Ecology. Human" Scientific works of NTUU "KPI"*, Kyiv, 2017, pp. 268-273.

19. O. Levchenko, O. Ilchuk, "Formation of the principles of building a rating of occupational injuries in the field of mechanical engineering", *Innovative development of the mining industry: Compilation of the Mate Second intern. Sci.-Tech. Internet conferences*, Kyiv, 2017, p. 194.

20. O. Levchenko, O. Ilchuk, "Assessment of Economic Results of Implementation of Occupational Safety Measures for the Prevention of Accidents at Machine Building Enterprises", *Potential of Modern Science (Part I): Math. II International science-practice Conf.*, Kyiv, 2017, p. 34.

*In other scientific-technical editions:*

21. O. Levchenko, O. Ilchuk, "Analysis and assessment of industrial injuries in mechanical engineering", *Herald of the National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute». Series of «Mining»*, no. 30, pp. 171-176, 2016.

22. O. Levchenko, O. Ilchuk, "Applying the ABC-analysis method and the Pareto law to the analysis of occupational injuries in the mechanical engineering", *Problems of labor protection in Ukraine*, no. 33, pp. 74-79, 2017.

*Certificate of registration of copyright:*

1. O. Ilchuk, "Benchmarking of labor protection in the field of mechanical engineering", № 73525, 21.08.2017.

2. O. Levchenko, O. Ilchuk, "Methodology for Benchmarking of labor protection", № 78323, 13.04.2018.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	21
ВСТУП.....	22
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ОХОРОНОЮ ПРАЦІ В УКРАЇНІ.....	27
1.1 Проблеми охорони праці на виробництві.....	27
1.1.1 Обґрунтування раціональності імплементації директиви 2009/104/ЄС в діюче законодавство України.....	29
1.2 Аналіз задач ефективності управління охороною праці на виробництві.....	33
1.2.1 Особливості комплексного підходу до оцінювання рівня виробничого травматизму.....	33
1.2.2 Формування показників оцінювання рівня ефективності управління охороною праці на виробництві.....	36
1.2.3 Оцінювання рівня ефективності управління охороною праці з використанням правил ранжування за показниками впливу на рівень виробничого травматизму.....	37
1.3 Аналіз та оцінка стану виробничого травматизму в галузі машинобудування.....	39
1.4 Методологія бенчмаркінгу охорони праці для виробництв України.....	43
1.4.1 Бенчмаркінг охорони праці в галузі машинобудування.....	46
1.5 Постановка завдань дослідження .....	47
РОЗДІЛ 2 ОБґРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОЇ СТРУКТУРИ І СКЛАДУ ІНДИКАТОРІВ ТА ПОКАЗНИКІВ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ТРАВМАТИЗМУ НА МАШИНОБУДІВНОМУ ВИРОБНИЦТВІ.....	49
2.1 Аналіз показників впливу на рівень виробничого травматизму.....	49
2.1.1 Індикативний аналіз рівня травматизму на машинобудівному виробництві.....	49
2.1.2 Формування сукупності показників впливу на управління рівнем виробничого травматизму на машинобудівному підприємстві.....	55

2.2 Емпіричні методи аналізу показників впливу на рівень виробничого травматизму.....	61
2.3 Відбирання впливових факторів з використанням методу головних компонент.....	63
2.4 Застосування методу <i>ABC</i> -аналізу та закону Парето до аналізування виробничого травматизму.....	74
Висновки до розділу 2.....	80
РОЗДІЛ 3 РЕЙТИНГОВЕ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ОХОРОНОЮ ПРАЦІ НА ВИРОБНИЦТВІ В ГАЛУЗІ МАШИНОБУДУВАННЯ.....	82
3.1 Методичні завдання рейтингового оцінювання рівня ефективності управління охороною праці на машинобудівному виробництві.....	82
3.1.1 Поняття рейтингової оцінки та ранжування ефективності управління охороною праці на виробництві.....	84
3.1.2 Інструмент управлінських рішень та системного контролю рівня ефективності управління охороною праці на машинобудівних виробництвах.....	86
3.2 Особливості формування рейтингової оцінки рівня виробничого травматизму в машинобудуванні.....	89
3.3 Правила оцінювання рівня виробничого травматизму в галузі машинобудування.....	92
3.3.1 Метод математичного моделювання процесу оцінювання рівня ефективності управління охороною праці.....	92
3.3.2 Використання правила Борда для оцінювання рівня ефективності управління охороною праці на машинобудівному виробництві.....	92
3.3.3 Модель ранжування за допомогою правила Копленда.....	101
3.3.4 Порівняльний аналіз результатів ранжування за правилами Борда та Копленда ефективності управління охороною праці на машинобудівному виробництві.....	104
3.4 Аналіз безпеки трудового процесу машинобудівного виробництва по критерію трудового збитку.....	105

3.5 Обґрунтування вибору заходів з охорони праці з урахуванням ризику травматизму на машинобудівних виробництвах .....	108
Висновки до розділу 3.....	111
РОЗДІЛ 4 ОПТИМІЗАЦІЯ ВИБОРУ ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ДЛЯ МАШИНОБУДІВНИХ ВИРОБНИЦТВ.....	112
4.1 Оптимальний вибір заходів з охорони праці для виробництв у галузі машинобудування.....	112
4.2 Математична модель вибору заходів з охорони праці для машинобудівних виробництв із використанням параметричного програмування.....	113
4.3 Розв’язання задачі вибору оптимальної сукупності заходів з охорони праці.....	116
4.4 Методика бенчмаркінгу охорони праці.....	124
4.5 Оцінка економічних результатів впровадження заходів з охорони праці для запобігання аварій на машинобудівних підприємствах.....	131
Висновки до розділу 4.....	134
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	136
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	138
Додаток А.....	161
Додаток Б.....	163
Додаток В.....	167
Додаток Г.....	186
Додаток Д.....	188
Додаток Е.....	189
Додаток Є.....	190

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ДСТУ – Державний стандарт України;

ЄС – Європейський Союз;

ЗІЗ – засоби індивідуального захисту;

МОЗ – Міністерство охорони здоров'я;

МОП – Міжнародна організація праці;

ННДІПБОП – Національний науково-дослідний інститут промислової безпеки та охорони праці;

НПАОП – нормативно-правовий акт з охорони праці;

ОП – охорона праці;

OHSAS – система управління безпекою і гігієною праці;

ППП – пакет прикладних програм;

РВТ – ризик виробничого травматизму;

СУОП – система управління охороною праці.

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Виробничий травматизм – актуальна проблема в усіх країнах світу, у тому числі і в Україні. За даними Всесвітньої Організації Охорони здоров'я, смертність від нещасних випадків у наш час займає третє місце після серцево-судинних і онкологічних захворювань. За даними Міжнародної організації праці кожні три хвилини в результаті нещасного випадку або професійного захворювання в світі гине один працівник, а щосекунди четверо працюючих отримують травму.

Незважаючи на зменшення загальної кількості випадків виробничого травматизму в Україні протягом останніх років, становище в сфері охорони праці залишається напруженим.

Багато підприємств проявляють зацікавленість щодо використання моделі управління охороною праці, що передбачає взаємну соціальну й економічну відповідальність бізнесу і працівників у ході забезпечення безпечних умов праці з метою підвищення ролі соціального партнерства.

Аналізуючи стан виробничого травматизму в машинобудівній галузі, який характеризується досить високим рівнем, можна стверджувати, що завдання створення належних умов праці вимагає не тільки організаційно-управлінських, а й технічних рішень та комплексного підходу.

Тому підвищення рівня ефективності управління охороною праці на машинобудівному виробництві методами бенчмаркінгу є актуальною науковою задачею, що дає можливість у рамках запропонованих моделей здійснити оптимальний вибір заходів з охорони праці.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Дисертацію виконано згідно з планом науково-дослідної роботи кафедри охорони праці, промислової та цивільної безпеки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» «Підвищення рівня ефективності управління охороною праці методами бенчмаркінгу» № держ. реєстрації 0117U007246 на 2017–2019 роки.

**Мета і завдання досліджень.** Метою роботи є підвищення рівня ефективності управління охороною праці в машинобудівній галузі на підставі бенчмаркінгу завдяки розробленню нових та удосконаленню існуючих моделей і засобів комплексного оцінювання стану охорони праці.

Досягнення цієї мети передбачає впровадження в систему управління охороною праці (СУОП) методології бенчмаркінгу та аналітичних методів на основі комплексного врахування причин виробничого травматизму в галузі машинобудування і стандартизованих показників з урахуванням невизначеності різного характеру.

Для досягнення мети поставлено такі завдання:

- проаналізувати наявні підходи до управління охороною праці, визначити основні причини виникнення виробничого травматизму в галузі машинобудування та показники, які впливають на стан охорони праці;
- розробити математичні моделі оцінювання рівня стану охорони праці на машинобудівному виробництві для встановлення відносної значущості досліджуваних об'єктів на основі їх упорядкування;
- розробити модель і адаптувати метод цілочисельної покрокової оптимізації заходів з охорони праці з метою розподілу економічних ресурсів, виділених на охорону праці для машинобудівних виробництв;
- розробити алгоритм прийняття управлінських рішень на основі положень бенчмаркінгу для розширення функціональних можливостей системи управління охороною праці.

**Об'єкт досліджень** – управління охороною праці в галузі машинобудування.

**Предмет досліджень** – методи і механізми прийняття рішень в системі управління охороною праці в галузі машинобудування.

**Методи дослідження.** В основу досліджень покладено елементи системного аналізу і математичного моделювання. Для вирішення поставлених завдань використано такі методи дослідження:

- *метод експертних оцінок, метод ABC-аналізу, закон Парето* – для виділення найбільш значущих причини виробничого травматизму в галузі

машинобудування;

- *метод головних компонент* – для визначення коефіцієнтів кореляції між основними причинами виникнення нещасних випадків;

- *правила ранжування Борда та Копленда* – у процесі рейтингового оцінювання рівня виробничого травматизму та поточного стану охорони праці на підприємствах в галузі машинобудування;

- *метод цілочисельної покрокової оптимізації* – у процесі бенчмаркінгу впровадження заходів з охорони праці на машинобудівних підприємствах та розроблення моделі оптимального їх планування.

#### **Наукова новизна** отриманих результатів:

- вперше розроблено послідовну модель стану охорони праці машинобудівного виробництва, яка відрізняється від існуючих застосуванням методів бенчмаркінгу, що дало можливість доповнення та удосконалення системи управління охороною праці, розширення її функціональних можливостей в галузі машинобудування;

- вперше отримано математичну модель ранжування машинобудівних виробництв на основі методів Борда та Копленда, яка відрізняється від існуючих комплексним врахуванням показників та причин виробничого травматизму, що дало змогу підвищити точність оцінювання і прийняття управлінських рішень у сфері охорони праці для зниження рівня виробничого травматизму;

- удосконалено метод цілочисельної покрокової оптимізації, який відрізняється від існуючих врахуванням відсоткової частки впливу кожного заходу з охорони праці на показник виробничого травматизму, що дає можливість вибору оптимальної сукупності щорічного впровадження заходів з охорони праці з урахуванням наданих економічних ресурсів;

- дістали подальшого розвитку механізми емпіричного аналізу стану охорони праці, що дало можливість аналізування та оцінювання показників, причин виробничого травматизму, які впливають на ефективність управління охороною праці в галузі машинобудування і відрізняються від існуючих багатовимірним статистичним аналізом.



**Практичне значення одержаних результатів** полягає в наступному:

- розроблено модель рейтингового оцінювання рівня стану охорони праці в галузі машинобудування при використанні правил ранжування, що дає можливість стимулювати керівництво до проведення корегуючих заходів, провести аналіз подальших дій з охорони праці, враховуючи визначений рівень виробничого травматизму на кожному машинобудівному підприємстві;
- удосконалено програмний алгоритм моделі вибору заходів з охорони праці, що дає можливість оперативного вибору оптимальної їх сукупності за результатами використання наданих економічних ресурсів;
- розроблено методику бенчмаркінгу охорони праці, що дало можливість доповнити та удосконалити систему управління охороною праці, розширити її функціональні можливості для підприємств у галузі машинобудування;
- розроблено алгоритм прийняття управлінських рішень на основі створеної методики бенчмаркінгу, що дало змогу обґрунтувати вибір сукупності необхідних заходів з охорони праці.

Розроблені заходи та практичні рекомендації з охорони праці впроваджено на ПрАТ «АвтоКрАЗ», що підтверджено відповідним актом.

Результати наукових досліджень використано в навчальному процесі кафедри охорони праці, промислової та цивільної безпеки КПІ ім. Ігоря Сікорського.

**Особистий внесок здобувача.** Дисертаційна робота є результатом самостійно виконаних наукових досліджень здобувача. Внесок автора в роботи, що виконані в співавторстві, полягав у формуванні напрямків досліджень та попередньому аналізуванню виробничого травматизму [8-11, 13], науковій постановці завдань [1, 2, 12, 17], визначенні методів і методики досліджень [14-16, 18-21], участі в проведенні та узагальненні результатів досліджень, впровадженні практичних рекомендацій за результатами досліджень [3-7, 22-24].

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертаційної роботи доповідалися на: VIII–XVI Всеукраїнських науково-методичних конференціях «Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки» (м.

Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського 14-15 травня 2013, 12-13 листопада 2013, 13-15 травня 2014, 11-13 листопада 2014, 11-13 травня 2015, 10-12 листопада 2015, 12-13 травня 2016, 14-15 листопада 2016 р, 11-12 травня 2017 р.); XVI–XIX Міжнародних науково-практичних конференціях студентів, аспірантів і молодих учених «Екологія. Людина. Суспільство» (м. Київ, НТУУ «КПІ» 17–19 травня 2013, 21–25 травня 2014, 27–29 травня 2015, 12–13 травня 2016); VII, IX Міжнародних науково-технічних конференціях «Енергетика. Екологія. Людина» (м. Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського 26 травня 2016, 25-26 травня 2017); I–II Міжнародних науково-технічних Інтернет-конференціях «Інноваційний розвиток гірничодобувної галузі» (м. Кривий Ріг, КНУ, 14 грудня 2016, 14 грудня 2017); III Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні питання сучасної науки» (м. Київ, МЦНД, 15-16 травня 2017); форма участі – заочна. II Міжнародній науково-практичній конференції «Потенціал сучасної науки» (м. Київ, МЦНД, 17-18 листопада 2017).

**Публікації.** За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 22 наукові праці, з них: 5 публікацій – в наукових фахових та наукометричних виданнях; 2 – в інших науково-технічних виданнях; 15 – у тезах доповідей на науково-практичних конференціях.

**Структура та обсяг дисертаційної роботи.** Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків; містить 23 рисунків, 22 таблиці, 34 формули. Загальний обсяг дисертації – 195 сторінок, з них основний текст – 115 сторінок.

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ОХОРОНОЮ ПРАЦІ В УКРАЇНІ

Високий рівень виробничого травматизму та професійної захворюваності в промисловості України продовжує супроводжуватись значними витратами на відшкодування потерпілим у зв'язку з втратою здоров'я. Тому система управління охороною праці потребує застосування нових методів та підходів для її оцінки, що повинно поліпшити ситуацію зі зниженням виробничого травматизму.

Для вирішення й аналізу поставлених завдань дисертантом насамперед необхідно було проаналізувати існуючу систему управління охороною праці, оцінити стан виробничого травматизму в галузі машинобудування, розглянути концепцію бенчмаркінгу.

#### **1.1 Проблеми охорони праці на виробництві**

Виробничий травматизм актуальна проблема в усіх країнах світу, в тому числі і в Україні. У нашій країні нещасні випадки на виробництві займають значне місце серед причин смерті населення. Аналіз виробничого травматизму дозволяє виявити закономірності та причини його формування.

Питання зниження виробничого травматизму вже тривалий час є предметом досліджень. Зросли масштаби і глибина досліджень в галузі охорони праці, але слід відзначити відсутність єдиного науково-обґрунтованого підходу до вирішення цієї проблеми.

Відсутність в Україні загальноприйнятих рекомендацій з оцінки ефективності інвестицій призводить до недостатнього фінансування програм та заходів з охорони праці. Аналіз цієї проблеми свідчить, що остаточно вона не вирішена [1, 2]. Через відсутність державного фінансування, практично, не здійснюється опрацювання та реалізація заходів з охорони праці у складі загальнодержавних, галузевих та регіональних програм поліпшення стану

безпеки, гігієни праці та виробничого середовища. Все це надзвичайно ускладнює формування та реалізацію завдань стратегічного та тактичного планування [3].

У західних країнах застосовуються такі підходи до управління охороною праці:

- ISRS (International Safety Rating System), який базується на концепції Loss Control Management, тобто оцінюванні безпеки на підприємстві управління втратами, призначений для оцінки ефективності управління охороною праці та її сертифікації;
- OHSAS (Occupational Health and Safety Assessment System) – система управління безпекою і гігієною праці (OHSAS 18002:2000), котра застосовується для аудиту та видачі сертифікатів на системи управління охороною праці. Вимоги цього стандарту можуть застосовуватися до організацій усіх типів, незалежно від їх приналежності, обсягів виробництва та форм власності;
- управління ризиком на підприємстві;
- інтеграція системи управління охороною праці з управлінням якістю (ISO 9001:2000), охороною навколишнього середовища (ISO 14001:1996) і безпекою (OHSAS 18001:1999).

Прийнятий в Україні стандарт ДСТУ-П OHSAS 18002:2006 встановлює вимоги до «Системи управління безпекою та гігієною праці» для надання організації можливості контролювати ризики з безпеки та гігієни праці та покращити свою діяльність.

Впровадження на підприємствах СУОП, розробленої з урахуванням вимог цього стандарту, забезпечує: виконання національних законодавчих та підзаконних актів; належну організацію всіх видів робіт з охорони праці; зниження ризику нещасних випадків та професійних захворювань; зниження витрат, пов'язаних з охороною праці (у тому числі – штрафних санкцій).

### **1.1.1 Обґрунтування раціональності імплементації директиви 2009/104/ЄС в діюче законодавство України**

На сьогоднішній день Україна, як незалежна держава, дотримується Європейського вектору розвитку. Відповідно, підписана у Брюсселі, угода про асоціацію України з ЄС прийшла на зміну угоді про партнерство, співробітництво і дає можливість економічній та політичній інтеграції України в ЄС. У свою чергу це викликало накладання деяких зобов'язань на українську сторону, зокрема реалізацію адаптації законодавства України до законодавства ЄС. Це стосується і законодавчо-нормативної бази в галузі охорони праці.

Одним з основних нормативно-правових документом (джерел), який регулює правовідносини, умови у відповідній сфері на теренах ЄС є Директива Ради №2009/104/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 16 вересня 2009 року щодо мінімальних вимог до безпеки та охорони здоров'я при використанні працівниками робочого обладнання на роботі (Друга окрема Директива у значенні статті 16 (1) Директиви 89/391/ЄЕС) [4]. Відповідна Директива має бути імplementована в дійсне законодавство України протягом 3-7 років після набуття чинності угоди про асоціацію між Україною та ЄС згідно з додатком «Охорона здоров'я і безпека на робочому місці» проекту угоди про асоціацію між Україною та ЄС. А Головним Виконавцем та співвиконавцем цього заходу є Державна служба України з питань праці та Міністерство соціальної політики України [5, 6].

На даний час в Україні основним законодавчим актом, що регламентує вимоги з охорони праці під час використання працівниками робочого обладнання, є Закон України від 14 жовтня 1992 року № 2694–ХІІ “Про охорону праці”, у якому визначено обов'язки роботодавця та працівника щодо використання робочого обладнання [6, 7]. Наочне порівняння окермих пунктів Директиви №2009/104/ЄС та Постанови Кабінету Міністрів України від 26 травня 2004 року № 687, що розроблена відповідно до статті 21 Закону України "Про охорону праці", наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Порівняльний аналіз окремих пунктів Директиви №2009/104/ЄС та постанови Кабінету Міністрів України від 26 травня 2004 року № 687

Вимоги Директиви 2009/104/ЄС Європейського парламенту та Ради (далі - Директива)[4]	Відображення питання в національному законодавстві України [8]
<p><b>ст. 5 Директиви</b>  <b>Перевірка робочого обладнання</b></p>	<p><b>Порядок проведення огляду, випробування та експертного обстеження (технічного діагностування) машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки, затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 26 травня 2004 року № 687 (далі - Постанова)</b></p>
<p><b>1.</b> Роботодавець забезпечує попередню перевірку у випадках, коли безпека робочого обладнання залежить від умов установки (після установки та перед першим запуском в експлуатації) та перевірку після збірки його на новому майданчику або на новому місці компетентними особами в розумінні національного законодавства та/або практики, щоб забезпечити правильну установку та належну роботу робочого обладнання.</p>	<p><b>п. 7</b> Технічний огляд проводиться з метою визначення якості виготовлення, монтажу, ремонту реконструкції і модернізації, умов та строку подальшої безпечної експлуатації устаткування, оцінки технічного стану складових частин, деталей або їх елементів, перевірки їх на відповідність технічним вимогам тощо.</p>
<p><b>2.</b> Для того, щоб забезпечити збереження умов здоров'я та безпеки та можливість своєчасного виявлення та усунення зносу, що може призвести до небезпечних ситуацій роботодавець забезпечує охоплення робочого обладнання, що знаходиться в умовах, що спричиняють такий знос:</p> <p><b>(а)</b> періодичними перевірками та випробуванням, компетентними особами у розумінні національного законодавства та/або практик;</p> <p><b>(б)</b> спеціальними перевірками компетентними особами у розумінні національного законодавства та/або практик кожного разу, коли трапляються виняткові обставини, які можуть поставити під загрозу безпеку робочого обладнання, як робота з модифікації, аварії, природні явища та тривалі періоди бездіяльності.</p>	<p><b>п. 8</b> Проводиться первинний, періодичний (черговий) і позачерговий технічний огляд.</p> <p>Первинному технічному огляду підлягає устаткування перед введенням в експлуатацію.</p> <p>Періодичний (черговий) і позачерговий технічний огляд проводиться у строки, що встановлені нормативно – правовими актами з охорони праці та експлуатаційними документами виробника.</p>

## Продовження таблиці 1.1

<p><b>3.</b> Результати перевірок записуються та зберігаються у розпорядженні зазначених органів. Вони повинні зберігатись протягом належного строку. Коли робоче обладнання використовується поза межами підприємства, воно надходить у супроводі візуального доказу того, що остання перевірка була здійснена.</p>	<p><b>п. 10</b> Технічний огляд устаткування проводить спеціалізована організація (крім первинного та позачергового, який проводить уповноважена організація у разі закінчення граничного строку експлуатації, виникнення аварії або пошкодження, спричиненого надзвичайною ситуацією природного чи техногенного характеру).</p>
<p><b>4.</b> Держави-члени встановлюють умови, за яких здійснюються такі перевірки.</p>	<p><b>п. 17</b> Після закінчення технічного огляду фахівець, який його провів, робить відповідний запис у паспорті устаткування про результати технічного огляду. дозволені параметри експлуатації і строк наступного технічного огляду. скріплюючи запис підписом і печаткою.</p> <p>У разі проведення позачергового технічного огляду у паспорті устаткування зазначається причина його проведення.</p> <p>У разі проведення позачергового технічного огляду після закінчення граничного строку експлуатації устаткування уповноважена організація розробляє регламент технічних оглядів на продовжуваний строк безпечної експлуатації. Який зберігається разом з паспортом устаткування.</p>

Основними завданнями імплементації Директиви 2009/104/ЄЕС є:

- створення визначених законодавством про охорону праці дієвих механізмів захисту прав працюючих;
- створення належних, безпечних і здорових умов праці;
- розроблення механізму формування пріоритетних напрямів науки і техніки з питань охорони праці та вибору конкретних стратегічних напрямів;
- забезпечення конкурентоспроможності науково-технічних розробок та їх відповідності світовому рівню;
- максимальне використання досягнень національної та світової науки, результатів міжнародного науково-технічного співробітництва з питань

поліпшення охорони праці та її нормативно-правової, наукової та матеріально-технічної бази;

- усунення шкідливих і небезпечних факторів на робочих місцях;
- створення засобів діагностики устаткування та запобігання аваріям на об'єктах підвищеної небезпеки, засобів і систем колективного захисту працівників;
- удосконалення нормативно-правової бази з питань охорони праці;
- інформаційне забезпечення органів державної влади та населення з питань охорони праці;
- запровадження надійної системи охорони праці, яка відповідає світовим та європейським стандартам;
- забезпечення ефективного контролю за дотриманням вимог законодавства з питань охорони праці;
- запровадження європейських стандартів відповідальності за порушення вимог законодавства з охорони праці [6].

Проблему виробничого травматизму неодноразово досліджували у своїх працях такі вчені, як: Б.І. Адасовський [9], О.І. Амоша [10, 11], В.В. Березуцький [12], А.О. Водяник [13, 14], О.В. Войналович [15, 16], Г.Г. Гогіташвілі [17, 18], В.І. Голінько [19], О.І. Запорожець [20], О.І. Кашуба [21, 22, 23], М.В. Кривцов [24, 25], Г.М. Крикунов [26], О.Є. Кружилко [27, 28, 29], П.К. Кучеба [30, 31, 32, 33], О.Є. Лапшин [34, 35], Лисюк М.О. [36, 37], О.Г. Левченко [38-47], І.А. Лучко [48], М.Б. Льовкін [49, 50], І.М. Подобєд [51, 52], О.Г. Ревук [53, 54], С.О. Сторчак [55, 56], К.Н. Ткачук [57, 58, 59, 60], С.П. Ткачук [61, 62, 63, 64]. Впровадження результатів виконаних цими вченими досліджень дозволило значно поліпшити стан охорони праці, але не вирішило цю проблему цілком.

Для аналізу виробничого травматизму застосовуються різноманітні методи, опис яких наведений у підручниках та наукових виданнях з охорони праці [65, 66]. Найбільш відомі методи аналізу травматизму, які відображають різні аспекти цього негативного явища, можна поділити на такі групи: статистичні, топографічні, економічні, експертних оцінок та інші [67]. Слід відзначити певну



умовність такого групування, оскільки на сьогоднішній день спостерігається поєднання окремих методів аналізу травматизму. Практична діяльність у сфері охорони праці свідчить про необхідність системного підходу до аналізу виробничого травматизму, що передбачає комплексне застосування різних методів для розробки конкретних, науково-обґрунтованих рекомендацій з профілактики нещасних випадків.

## **1.2 Аналіз задач ефективності управління охороною праці на виробництві**

### **1.2.1 Особливості комплексного підходу до оцінювання рівня виробничого травматизму**

У результаті аналізу стану виробничого травматизму можна стверджувати, що завдання підвищення рівня ефективності управління охороною праці вимагає не тільки технічних, а й організаційно-управлінських рішень з використанням багатокритеріальних моделей вибору проектів. Серед завдань, які потребують детального аналізу та подальшого дослідження є питання розробки моделей та засобів системи охорони праці на виробництві, необхідність у розробці наукових підходів та методів впровадження системи на місцевому рівні, необхідність моніторингу та теоретичного обґрунтування й реалізації проектів з охорони праці, дійових механізмів аналітико-організаційних підходів та комплексного аналізу статистичних даних.

Застосування комплексного підходу до оцінювання функціонування в галузі охорони праці та забезпечення підвищення рівня ефективності управління охороною праці потребує системного контролю з метою забезпечення повної картини стану охорони праці на виробництві, де під комплексним підходом розуміється планувальний комплекс наукових, технічних, виробничих, соціально-економічних та ін. заходів, взаємопов'язаних за ресурсами та виконавцями, виконання яких забезпечує досягнення поставленої мети [68]. За умов

комплексного підходу до проблеми виробничого травматизму проводиться аналіз не тільки технічних складових підвищення рівня ефективності управління охороною праці, а й відслідковується її організаційна складова. Дозволяє визначити організаційні проблеми у галузі охорони праці та скорегувати чи зменшити їх вплив. Комплексний багатокритеріальний аналіз повинен також раціонально підходити до питань вибору проектів з охорони праці, обґрунтовано визначати перелік та склад проектів, які першочергові для впровадження враховуючи як фінансову складову, так і досягнення максимального ефекту – підвищення рівня ефективності управління охороною праці на виробництві.

Комплексний підхід повинен включати в себе складову аналізу статистичних даних, показників виробничого травматизму. Отримання загальної картини стану охорони праці на виробництві, перевірка цієї інформації в ході комплексного аналізу та одержання остаточних результатів і визначення корегуючих дій з метою впливу на всі складові підвищення рівня ефективності управління охороною праці на виробництві [68].

Результатом комплексного підходу є підвищення рівня ефективності управління охороною праці на виробництві і визначення першочергових заходів у галузі охороною праці з метою максимального впливу на виробничий травматизм.

Підвищення рівня ефективності управління охороною праці на виробництві можливе шляхом створення універсальної системи контролю вибору заходів з охорони праці (системи моніторингу) шляхом комплексного аналізу статистичної інформації, яка б давала можливість не тільки вести підконтрольні функції збору вхідної облікової інформації у цій галузі, але і мала на меті проведення моніторингу.

Для створення такої системи необхідно застосування певного математичного апарату, що дозволить досягти поставлених цілей. Основою такого інструментарію повинна слугувати розробка моделей та засобів підвищення рівня охорони праці на виробництві в умовах багатокритеріального аналізу.

На рис.1.1 представлена узагальнена схема задач з підвищення рівня ефективності управління охороною праці на виробництві в умовах комплексного підходу.



Рисунок 1.1 – Узагальнена схема вирішення задач з підвищення рівня ефективності управління охороною праці на виробництві в умовах комплексного підходу

Багатокритеріальний аналіз включає у себе виконання комплексу завдань, які є складовими задачами з підвищення рівня ефективності управління охороною праці:

- аналіз показників впливу на управління охороною праці на виробництві, відображають стан справ у галузі охорони праці;

- аналіз вхідної інформації щодо її достовірності, враховуючи часові інтервали дослідження та значну сукупність виробництв;
- використання методів ранжування показників, що впливають на управління охороною праці на виробництві з метою визначення поточного стану виробничого травматизму;
- визначення корегуючих дій у галузі охорони праці та вибору заходів (заходів) з охорони праці, які максимально поліпшать стан справ у галузі, враховуючи при цьому вплив економічної складової виробництва [68].

Виконання поставлених цілей та завдань має розгалуженість, тому для вирішення такої задачі є необхідність у використанні комплексу математичних моделей, кожна з яких направлена на вирішення своїх завдань з метою їх компонування для вирішення поставленої мети – підвищення рівня ефективності управління охороною праці на виробництві.

### **1.2.2 Формування показників оцінювання рівня ефективності управління охороною праці на виробництві**

Аналіз показників впливу на управління охороною праці потребує механізму оцінювання. Використання емпіричних методів аналізу з метою визначення вхідного поля показників, використовуючи діаграму Ісікави [69], дозволяють здійснити таке оцінювання. Комплексно визначити сукупність показників для подальшого аналізу виробничого травматизму за ними. Оцінити взаємозв'язок між показниками з метою ілюстрації їх всебічного впливу на проблему, що вирішується.

Емпіричні методи використовувалися для оцінювання показників, що мають вплив на управління якістю на машинобудівних підприємствах [69].

Проведення подальшого аналізу оцінювання рівня ефективності управління охороною праці з використанням показників потребує аналізу отриманої статистичної інформації щодо стану виробничого травматизму. У випадку часового проміжку отримання цієї інформації постає питання щодо її

достовірності та недопущення до подальшої обробки аномальних даних та прийняття невірних управлінських рішень у галузі охорони праці.

У процесі обробки технічних та інших даних, які отримані в результаті аналізування, іноді один чи декілька результатів спостереження різко виділяються серед інших даних. Такі результати спостережень часто мають грубі похибки, їх називають аномальними. Якщо грубі похибки виявляють у процесі досліджень то результати, які мають їх у своєму складі, відкидають. Однак частіше всього їх виявляють тільки під час остаточної обробки результатів досліджень за допомогою спеціальних критеріїв оцінки грубих похибок [70].

### **1.2.3 Оцінювання рівня ефективності управління охороною праці з використанням правил ранжування за показниками впливу на рівень виробничого травматизму**

В ході подальшого комплексного аналізу рівня ефективності управління охороною праці постає питання щодо можливості оцінювання показників, що впливають на управління охороною праці на виробництві, які мають різну “фізичну природу”, а саме, організаційні, технічні, психофізіологічні та інші. Використання математичних правил ранжування дозволяє здійснити оцінювання виробництв за показниками. Сформулюємо математичну постановку задачі ранжування [68, 71].

Нехай деякі з результатів спостереження  $x_1, x_2, \dots, x_n$  не збігаються, а  $r_1, r_2, \dots, r_n$  – їх ранги. Тоді елементи матриці  $C$  та ранги результатів спостереження пов’язані залежністю:

$$r_i = 1 + \sum_{1 \leq j \leq n} (1 - c_{ij}), \quad (1.1)$$

а  $c_{ij}$  через ранги можна виразити таким чином:  $c_i = 1$ , якщо  $r_i < r_j$ , та  $c_{ij} = 0$  в протилежному випадку [68, 71].

Це означає, що під час обробки вхідних даних можуть застосовуватися лише рангові статистичні методи. У більшості випадків перетворення  $Y = F(x)$  (де  $F(x)$  – неперервна функція розподілу випадкової величини  $X$ , враховуючи, що  $F$  припускається довільною), яке часто використовується у непараметричній статистиці фактично означає перехід до порядкової шкали, оскільки статистичні висновки при цьому інваріантні відносно допустимих перетворень у порядковій шкалі.

За допомогою непараметричних та перш за все рангових методів можна вирішувати той же набір задач прикладної статистики, що і за допомогою параметричних методів, а саме, які ґрунтуються на припущеннях нормальності. Однак параметричні методи увійшли у масову свідомість дослідників та інженерів і заважають широкому впровадженню більш обґрунтованої та прогресивної рангової статистики [71, 72].

Слабке місце бального методу полягає в експертній довільності встановлення питомої ваги показників, сама оцінка показників по бальній системі вельми умовна. Проте бальний метод має безперечну перевагу, що полягає в можливості обліку і хоч би умовного зіставлення всіх техніко-економічних показників. Його можна рекомендувати як засіб комплексної оцінки різних варіантів проектів технічних рішень замість загальноприйнятих, вкрай примітивних методів аналізу [68, 73].

Достовірність бальних оцінок забезпечується кількістю, а головне ретельним підбором фахівців-експертів, а також належною обробкою даних експертизи за допомогою методів математичної статистики, зокрема використання дисперсії, коефіцієнту конкордації тощо.

Основна роль експертних оцінок – здобуття матеріалу для подальшого евристичного аналізу і на цій основі ухвалення остаточного рішення. Головна методична складність виникає в розгляді питання про інтеграцію різних суперечливих критеріальних показників [68, 71, 73].

У роботі під час ранжування виробництв за показниками, що дозволяють оцінити рівень їх ефективності охороною праці, скористаємося правилами Борда, Копленда.

Ранжування цими правилами є простим для алгоритмізації та програмування, а також має достатню стійкість під час оцінювання вхідних даних та проведення розрахунків. Проте, рівень адекватності та прогнозованості кінцевих результатів залежить від наявних обсягів початкових даних, а саме, кількісної та якісної складових вхідної інформації [71].

Крім згаданих нами правил ранжування існує ряд інших: правила Ненсона, Шварца, багатокритеріальне мажоритарне ранжування, парного порівняння тощо [74]. В загальному випадку вони є модифікаціями правил Борда, Копленда, які засновані також на методах коефіцієнтів, попарного порівняння, та методах з нечіткими експертними оцінками тощо.

За результатами ранжування робимо проміжні висновки про стан виробничого травматизму. Пропонуємо корегуючі дії як організаційного спрямування так і практичного характеру (вибору заходів з охорони праці). Однак реалізація заходів з охорони праці в реальних умовах здійснюється в умовах невизначеності технічних умов та рішень, що потребує їх врахування.

### **1.3 Аналіз та оцінка стану виробничого травматизму в галузі машинобудування**

Узагальнення та аналіз даних за звітами органів Державної служби України з питань праці (форма 4-ЗТ) про стан безпеки праці на виробництві України свідчить про те, що однією з найбільш травмонебезпечних галузей економіки є машинобудування.

Машинобудівна промисловість є фундаментом економічного потенціалу країни. Від рівня ефективності діяльності підприємств машинобудівної галузі залежить стан соціально-економічного розвитку країни в цілому.

Враховуючи, що останніми роками спостерігається погіршення статистичної картини травматизму на підприємствах машинобудування, виникає потреба в поглибленому дослідженні особливостей травматизму в галузі з метою удосконалення методик прогнозу та розроблення заходів щодо його запобігання на основі новітніх підходів [75, 76].

Питанням, пов'язаним з обґрунтуванням необхідності комплексного підходу до оцінювання впливу шкідливих виробничих факторів, присвячена робота О. М. Климової та М. А. Касьянова [77], проблемам вибору рішень в системі управління охороною праці машинобудівного підприємства – О. М. Гунченко [78], оптимізації заходів з охорони праці – Н. В. Ступницької [79], ефективності управління охороною праці на підприємствах з використанням інформаційно-аналітичної підтримки планування працезахоронних заходів – О. Є. Кружилка [80]. Проте не достатньо уваги приділяється прогнозуванню виробничого травматизму на підприємствах машинобудівного комплексу, використання якого може сприяти своєчасному виявленню небезпек і вживанню запобіжних заходів [75].

Статистику нещасних випадків і травматизму найчастіше складають спеціалісти Державної служби України з питань праці (раніше – Держпромгінрагляд) та Національного науково-дослідного інституту промислової безпеки та охорони праці (ННДІПБОП), також Державна служба статистики України, а окремо питання, що стосуються профзахворювань (фахівці Міністерства охорони здоров'я України (МОЗ) та Інституту медицини праці АМН України). Спеціалісти названих відомств та організацій наводять власну статистику, яку не завжди можна порівняти [75].

На гістограмах (рис.1.2, 1.3) показано динаміку виробничого травматизму в цілому по Україні та в галузі машинобудування відповідно (дані отримані від ННДІПБОП).

З гістаграм можна зробити висновок, що незважаючи на тенденцію зниження виробничого травматизму в цілому по Україні (у порівнянні з попередніми роками), рівень травматизму в машинобудівній галузі залишається на досить високому рівні.



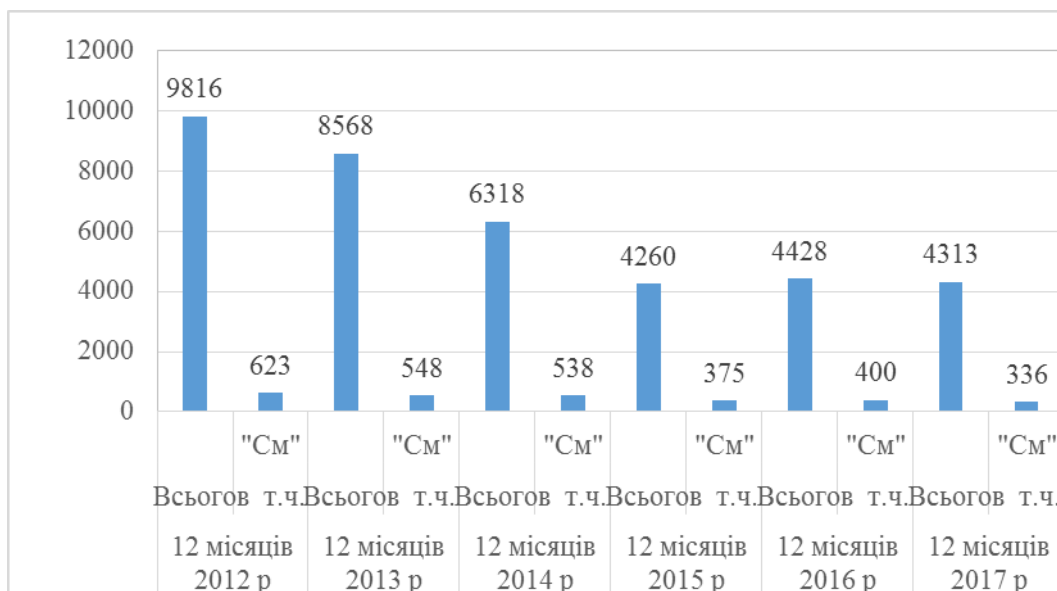


Рисунок 1.2 – Кількість потерпілих працівників на виробництвах України за 2012–2017 роки

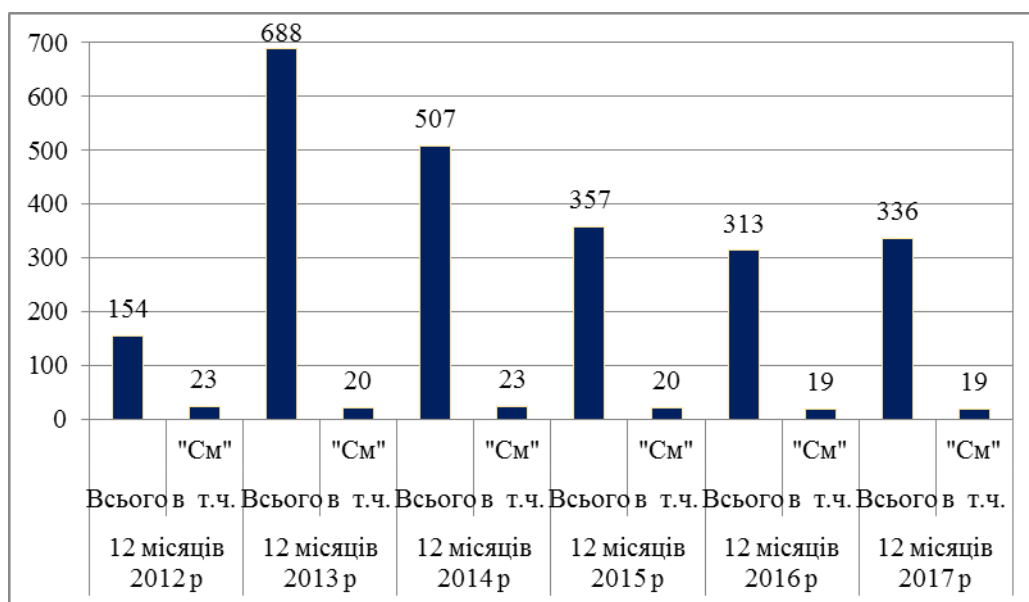


Рисунок 1.3 – Кількість потерпілих працівників у галузі машинобудування за 2012–2017 роки

Аналіз динаміки виробничого травматизму в галузі машинобудування свідчить, що у нашій країні протягом 2012–2017 років виробничий травматизм мав тенденцію до зниження за загальною кількістю травмованих, але рівень смертельного травматизму залишається стабільно високим [81-90].

На гістограмі (рис. 1.4) показано динаміку показника виробничого виробничого травматизму в галузі машинобудування.

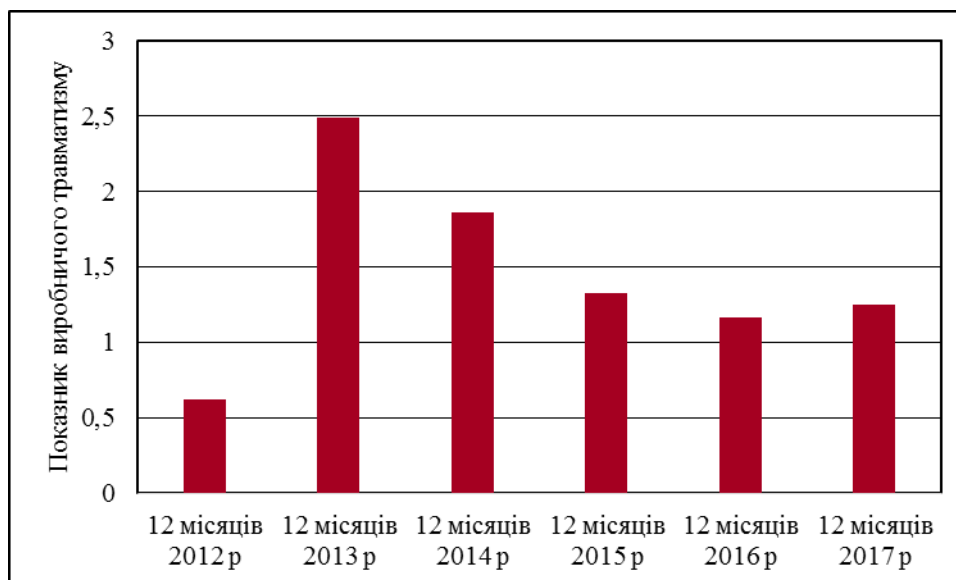


Рисунок 1.4 – Значення показника виробничого виробничого травматизму в галузі машинобудування за 2012–2017 роки

Зниження травматизму пов'язане зі зменшенням чисельності працівників, зайнятих у виробництві. Про це говорять наступні цифри: в умовах, що не відповідають санітарно-гігієнічним нормам, працює зараз більш 3,4 млн чоловік; забезпечення засобами індивідуального захисту складає 40...50 %; 850 тис. машин, механізмів, транспортних засобів не відповідають вимогам безпеки; 9-10 тис. виробничих будинків і споруджень знаходяться в аварійному стані [75].

Відомо, що одним з дієвих та ефективних заходів профілактики нещасних випадків є процес їхнього розслідування, мета якого полягає у визначенні конкретних причин, що призвели до нещасного випадку з метою попередження подібного в майбутньому.

Необхідно зазначити, що за даними ННДПБОП найбільший вклад у причини виникнення нещасного випадку на виробництві щонайменше у 21,1% випадках є порушення працівниками трудової і виробничої дисципліни, вимог нормативних актів про охорону праці (ст.139 Кодексу Законів про працю).

Основна причина незадовільного стану безпеки і охорони праці в Україні – несприятлива економічна ситуація, що ускладнює рішення цілої низки конкретних проблем (вкрай повільна заміна морально і фізично застарілого устаткування, повсюдне скорочення чи повне припинення фінансування і

матеріально-технічного забезпечення заходів з безпеки виробництва й охорони праці на всіх рівнях керування) [91].

В Україні щорічно держава витрачає понад 1,8 млрд грн на відшкодування шкоди, медичну, професійну і соціальну реабілітацію осіб, які потерпіли від нещасних випадків на виробництві та осіб, що страждають на професійні захворювання. Крім того понад 1,3 млрд грн роботодавці витратили на оплату пільг і компенсацій працівникам за роботу у важких та шкідливих умовах, а витрати на заходи з охорони праці – близько 20 млн грн. Для порівняння витрати підприємств США на охорону праці коливаються від 5 до 7 млрд доларів у рік. Аналогічні чи близькі підходи до рішення проблеми охорони праці в Німеччині, Франції, Австрії, Великобританії, Швеції й інших країнах. Економічні методи керування охороною праці показують керівникам підприємств, що краще і дешевше вкладати кошти в охорону праці, у заходи щодо запобігання виробничим ризикам, ніж прирікати себе на постійну ліквідацію наслідків нещасних випадків на виробництві [75].

Запобігання ризикам і пропаганда безпеки і здоров'я праці сприяє благополуччю та здоров'ю працівників, покращує продуктивність і конкурентоспроможність окремо взятої компанії. Звіт OSHA (Європейське агентство з безпеки і гігієни праці) про соціально-економічні витрати виробництва, пов'язані з охороною праці і нещасними випадками, показав, що 1 євро, вкладений в профілактику травматизму, повертає компанії від 1,29 до 2,89 євро. Таким чином, інвестування в здоров'я та безпеку на робочому місці вигідно і працедавцеві, і працівникові.

#### **1.4 Методологія бенчмаркінгу охорони праці для виробництв України**

З метою підвищення рівня ефективності стану охорони праці на виробництві за кордоном широке розповсюдження отримала концепція бенчмаркінгу охорони праці, яка полягає в поширенні передового досвіду і найкращих досягнень у цій галузі виробництв будь-якої форми власності. При цьому важливу роль

відіграють організаційні чинники, що впливають на рівень ефективності охорони праці на виробництві. Організаційні чинники включають в себе збір, обробку і поширення інформації. Досвід провідних промислових країн Західної Європи і США вказує на доцільність використання бенчмаркінгу для виявлення "кращих" за певними критеріями виробництв і структурних підрозділів у різних напрямках їх діяльності [92].

У загальному сенсі Бенчмаркінг (англ. – Benchmarking) – це процес визначення, адаптації наявних прикладів ефективного функціонування компанії, в тій або іншій сфері, з метою покращення власної роботи [92, 93]. Бенчмаркінг в рівній мірі включає два процеси: оцінювання і співставлення. Мета бенчмаркінгу полягає у тому, щоб на основі дослідження встановити потребу в змінах і досягти успіху в результаті цих змін [94]. Бенчмаркінг не є новим підходом для багатьох підприємств, у якості здійснення аналізу діяльності конкурентів.

Бенчмаркінг забезпечує більш деталізоване і впорядковане управління, ніж застосування тільки методів аналізу, які включають в себе порівняльний аналіз інформаційного поля виробництв та її конкурентів, виявлення сильних і слабких сторін інформаційної політики [94].

Одне із перших досліджень бенчмаркінгу проводив Роберт Кемп у 1989 році. Він розробив підхід у 12 етапів [95]. На рисунку 1.5 зображена методологія Кемпа.

Перший успіх, який було досягнуто, призвів до того, що бенчмаркінг почали застосовувати у багатьох напрямках як у комерційній діяльності, так і в промисловості, комунальному господарстві тощо.

Бенчмаркінг може бути внутрішнім між об'єктами в рамках однієї організації, або зовнішнім – між конкуруючими об'єктами в залежності від конфіденційності.

Бенчмаркінг поділяється на наступні види:

1. бенчмаркінг процесу;
2. фінансовий бенчмаркінг;
3. бенчмаркінг перспектив;
4. бенчмаркінг продуктивності;

5. бенчмаркінг продукту;
6. стратегічний бенчмаркінг;
7. бенчмаркінг функціональності;
8. бенчмаркінг кращих об'єктів у своєму класі;
9. бенчмаркінг операційний.



Рисунок 1.5 – Дванадцять етапів методології Кемпа у бенчмаркінгу

Більш детальну інформацію про види та методологію бенчмаркінгу наведено у праці [92-96].

Різноманітність сучасних статистичних методів, у тому числі статистичний граничний аналіз, дозволяє виявити низьку або високу продуктивність низки галузей: електроенергетиці, охорони праці, промисловості, транспорті,

комунальному господарстві.

#### **1.4.1 Бенчмаркінг охорони праці в галузі машинобудування**

Одна із актуальних тем для України є підвищення ефективності стану охорони праці внаслідок застосування нових методів та підходів для її оцінки і, як наслідок, зниження виробничого травматизму. На цей час для оцінювання реального стану охорони праці на об'єктах існує ціла низка різних за характером методів, механізмів і практичних заходів. Одним з таких досить нових управлінських механізмів є використання методології бенчмаркінгу у галузі охорони праці.

Для оцінювання рівня ефективності охорони праці, як правило, приймають "краще" виробництво або технологічний процес, на якому менший рівень травматизму та смертельних випадків, ніж на аналогічних виробництвах в інших галузях. Тому бенчмаркінг охорони праці можна розглядати як один з напрямків стратегічно орієнтованих досліджень у галузі охорони праці.

У процесі функціонування бенчмаркінгу охорони праці можуть бути отримані відповіді на такі важливі питання як: «Наскільки мої показники рівня виробничого травматизму низькі або високі, ніж на аналогічних виробництвах? Скільки коштів витрачають на відшкодування збитків виробничого травматизму лідери виробництва і на якому рівні знаходиться моє виробництво в порівнянні з ними?»

Наявність вимірювальних індикаторів різної фізичної природи, що використовуються машинобудівними виробництвами, є додатковою проблемою вимірювань у бенчмаркінгу.

З плином часу індикатори можуть змінюватися. Дослідження підтверджують переважну роль стандартних індикаторів для бенчмаркінгу охорони праці на машинобудівних виробництвах. Використання менш чутливих індикаторів відноситься до процесу вдосконалення інформаційного забезпечення бенчмаркінгу.

Але є цілий ряд бар'єрів, які перешкоджають застосуванню бенчмаркінгу охорони праці на машинобудівних виробництвах.

Проводячи бенчмаркінгові дослідження, компанія "ІВА Консалтинг Груп" визначила бар'єри, які виникають на підприємствах [94, 96]:

1. відсутність даних для порівняння;
2. великі витрати;
3. приховування фактів;
4. відсутність зрозумілого інструментарію;
5. немає партнерів для порівняння.

Дуже важливий бар'єр та проблема – приховування фактів про виробничий травматизм.

Багато роботодавців сьогодні зацікавлені в цьому, не тільки через адміністративну, але й більшою мірою кримінальну відповідальність. Тому посадові особи свідомо йдуть на порушення закону, тим самим спотворюючи статистику.

Проте основна, і на даний момент, єдина причина невикористання потенціалу бенчмаркінгу в охороні праці як ефективного інструменту управління на машинобудівному виробництві – це слабка уявлення про можливості і незнання методів бенчмаркінгу.

Бенчмаркінг як нова ініціатива з управління ефективністю охорони праці повинна бути розпочата безпосередньо вищим керівництвом виробництва. Однак більшість спеціалістів практично не мають уявлення про бенчмаркінг або мають помилкове уявлення про нього.

## **1.5 Постановка завдань дослідження**

Незважаючи на тенденцію зниження виробничого травматизму в цілому по Україні, рівень травматизму в машинобудівній галузі залишається на досить високому рівні. За останні 6 років щорічно на машинобудівних підприємствах в середньому травмовано 330 працівників, з них 20 – зі смертельними наслідками.

Сучасний стан виробничого травматизму в галузі машинобудування свідчить про необхідність системного підходу до аналізу виробничого травматизму, що передбачає комплексне застосування різних методів для розробки конкретних, науково-обґрунтованих рекомендацій, сукупності організаційно-технічних заходів з профілактики нещасних випадків.

Проведений аналіз дав можливість визначити мету і завдання досліджень.

Мета роботи – підвищення рівня ефективності управління охороною праці в машинобудівній галузі на підставі бенчмаркінгу завдяки розробленню нових та удосконаленню існуючих моделей і засобів комплексного оцінювання стану охорони праці.

Для підвищення рівня ефективності управління охороною праці в галузі машинобудування необхідно застосовувати сучасні інструменти управління, одним із таких є бенчмаркінг, який розширить функціональні можливості СУОП. Однак більшість спеціалістів мають слабе уявлення про можливості та методи бенчмаркінгу.

Для досягнення мети поставлено такі завдання:

- проаналізувати наявні підходи до управління охороною праці, визначити основні причини виникнення виробничого травматизму в галузі машинобудування та показники, які впливають на стан охорони праці;
- розробити математичні моделі оцінювання рівня стану охорони праці на машинобудівному виробництві для встановлення відносної значущості досліджуваних об'єктів на основі їх упорядкування;
- розробити модель і адаптувати метод цілочисельної покрокової оптимізації заходів з охорони праці з метою розподілу економічних ресурсів, виділених на охорону праці для машинобудівних виробництв;
- розробити алгоритм прийняття управлінських рішень на основі положень бенчмаркінгу для розширення функціональних можливостей системи управління охороною праці.



## РОЗДІЛ 2

### ОБГРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОЇ СТРУКТУРИ І СКЛАДУ ІНДИКАТОРІВ ТА ПОКАЗНИКІВ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ТРАВМАТИЗМУ НА МАШИНОБУДІВНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Для досягнення поставленої мети – підвищення рівня ефективності управління охороною праці на машинобудівному виробництві шляхом розроблення нових та удосконалення існуючих моделей і засобів комплексного оцінювання стану охорони праці, насамперед, необхідно визначити основні причини виникнення виробничого травматизму в галузі машинобудування та показники, які впливають на стан охорони праці. Також слід виключити з розгляду малоінформативні показники, що доцільно здійснити за допомогою багатомірного статистичного аналізу.

За результатами визначення найбільш значущих причини виробничого травматизму в галузі машинобудування фінансувати слід ті заходи з охорони праці, які найбільш впливають на зниження виробничого травматизму, і одночасно знизити витрати на інші заходи за рахунок усунення зайвих функцій і видів робіт шляхом застосування *ABC*-аналізу.

Для зниження ризику прийняття помилкового рішення щодо вибору заходів з охорони праці потрібно зіставити результати методу головних компонент і *ABC*-аналізу.

#### **2.1 Аналіз показників впливу на рівень виробничого травматизму**

##### **2.1.1 Індикативний аналіз рівня травматизму на машинобудівному виробництві**

Побудова системи показників аналізування та оцінювання рівня травматизму на виробництві є складним і актуальним завданням. Якщо нарощувати кількість

показників, то можна отримати розгалужену систему показників, кожний з яких достатньо об'єктивно відображає дію окремого фактора на виробничий травматизм.

Дослідження інформаційних джерел щодо підходів до оцінювання травматизму на виробництві дають підставу стверджувати, що проблема оцінювання рівня травматизму на машинобудівному виробництві в сучасних умовах вимагає подальшого опрацювання [75, 76, 97].

Про зниження виробничого травматизму можна говорити тоді, коли значення усіх цільових показників не погіршуються, а значення хоча би одного із них поліпшується за певний проміжок часу, або ж передбачається компенсація погіршення значень одних цільових показників за рахунок поліпшення інших.

Збалансована система показників Нортон-Каплана [98] часто є основою для побудови різноманітних методик оцінювання травматизму на підприємстві. Ця система дає змогу поєднати певні індикатори у різних сферах та є інструментом стратегічного управління підприємством. Інша система показників передбачає побудову піраміди індикаторів, які розгалужуються за усіма сферами діяльності, враховуючи взаємозв'язки та взаємовпливи. У цій системі використовують дві категорії показників: цільові (визначають керівники вищого рівня управління відповідно до обраних стратегій прийняття рішень) та функціональні (показники, які істотно впливають на досягнення цільових показників) [99, 100]. Існують також інші системи оцінювання (система Мейсела, піраміда ефективності тощо) котрі часто повторюють одна одну.

Огляд літературних джерел за проблемою дослідження [8-63] вказує на те, що не існує єдиного підходу щодо побудови систем індикаторів. До того ж основні розбіжності стосуються структурованості систем індикаторів, кількісного переліку, зв'язку зі стратегією розвитку, інформаційного наповнення тощо.

У науковій літературі термін «індикатор» по-різному трактується економістами, математиками, кібернетиками та екологами [101-104]. Він походить від латинського слова «indicator» і перекладається як вказівник. Водночас цьому терміну притаманна процесна складова, яка описується його

походженням від латинського слова «indico», перекладається як вказую, визначаю і трактується як елемент, що відображає хід процесу або стан об'єкта спостережень.

Під індикаторами безпеки з охорони праці здобувач визначає як показники рівня безпеки у сфері охорони праці, що дають змогу виявити больові точки в її діяльності, визначити основні напрями і найбільш дієві способи підвищення ефективності її роботи.

В державній науковій літературі поруч з терміном «індикатор» часто вживається слово «показник». Відповідно існує два підходи до визначення: дуалістичний, що розмежовує ці слова з точки зору змісту та монолістичний, який визначає їх синонімічними [99]. Варто також зауважити, що «показник» тлумачиться як складова інформації створена реквізитом-основою і реквізитом-ознакою, які належать до неї. Своєю чергою, «реквізитами» називають обов'язкові вихідні дані як необхідний елемент для оформлення документів, висновків, показників, їх відповідності правовим чи іншим нормам [105]. Тому виникає запитання: чому індикатор не може бути складовою інформації? Адже він цілком і першочергово виконує інформативну функцію.

Важливе місце займає сигнальна функція, як основа не лише окремого макро-індикатора, але й системи загалом. Деякі науковці включають показники до складу відповідних індикаторів.

В результаті дослідження термінів “показник” та “індикатор” виникає необхідність уточнення змісту цих категорій, їх взаємозв'язків та встановлення умов застосування цих категорій в межах управління травматизмом на виробництві. Проведені дослідження здобувачем дають змогу стверджувати, що “показник” потрібно розглядати як кількісний вимірник стану, розвитку певного об'єкта (суб'єкта), процесу чи явища. Показники можуть бути індикаторами тоді, коли за їх допомогою відслідковують та аналізують тенденції зміни різних сфер діяльності підприємства. Тобто, із великої кількості показників вибирають ті, які є пріоритетними та відображають стан і динаміку основних напрямків діяльності. Отже, індикаторами можна вважати ключові показники, що систематично

відстежуються, оцінюються та аналізуються, які дають змогу прогнозувати та відображати тенденції розвитку стану охорони праці на підприємстві.

Окремої уваги вимагають такі терміни як «коефіцієнт» та «параметр», які за своїм значенням суттєво відрізняються від розглянутих вище, і відповідно не є для них синонімами. Г. Я. Дудка [101] зауважує, що «параметр» – це величина, яка входить у формули та вирази, значення якої є сталими у рамках розглядуваної задачі, а в іншій задачі вона змінює своє значення. Водночас, згідно з [105], «коефіцієнт» трактується як показник, чинник, параметр, сталий або відомий числовий множник при іншій, звичайно змінний або невідомий, а також як відношення двох значень незмінної величини.

Отже, зауважуємо, що різноманітність думок підтверджує наявність можливих нюансів, що можуть бути спростовані виключно в контексті дослідження рівня травматизму на виробництві.

Аналіз літератури у сфері охорони праці показує, що до основних вимог до показників оцінювання виробничого травматизму потрібно зарахувати:

- релевантність (індикатори повинні чітко відображати головну мету і підпорядковані їй компліментарні цілі зниження виробничого травматизму); цілісність охоплення усіх сфер діяльності виробництва та усіх ієрархічних рівнів управління,
- необхідність урахування як фінансових, так і нефінансових індикаторів;
- інформаційна прозорість, наочність та доступність індикаторів (у систему входять такі показники, які можна оперативно відстежувати і які не потребують значних коштів щодо їх формування, а також є простими для аналізу і зіставлення даних);
- взаємоузгодженість, взаємозалежність та збалансованість індикаторів;
- формальне представлення та кількісне вираження значень індикаторів (розрахунок числових значень індикаторів за однозначними алгоритмами без жодних суб'єктивних оцінок, переведення якісних значень у кількісну шкалу на підставі теорії нечітких множин і формування лінгвістичних змінних);

Групи показників оцінювання травматизму на виробництві, які виокремлюють деякі дослідники, наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Групи показників оцінювання травматизму на виробництві

Група	Показники	Автори
1	2	3
1. Профілактика виробничого травматизму, професійної захворюваності, втрати працездатності	<ul style="list-style-type: none"> <li>– смертність населення у працездатному віці в розрахунку на 100 тис. населення відповідного віку;</li> <li>– кількість постраждалих в розрахунку на 1000 працюючих;</li> <li>– коефіцієнт виробничого травматизму;</li> <li>– коефіцієнт вперше виявлених професійних хворих у розрахунку на 10000 працюючих;</li> <li>– індекс професійних захворювань;</li> <li>– число людино-днів непрацездатності у потерпілих з втратою працездатності на 1 робочий день і більше та зі смертельним результатом - усього на 1 потерпілого;</li> <li>– коефіцієнт частоти виробничого травматизму;</li> <li>– коефіцієнт важкості;</li> <li>– показник загального травматизму (непрацездатності);</li> </ul>	<p>Рингач Н.О. [106], Чепелевська Л.А. [107]</p> <p>Звіти з охорони праці, акти розслідування, акти виконаних робіт медичними організаціями, фондів соціального страхування</p> <p>Милюхин К.В. [108]</p> <p>Статистичний щорічник України[109]</p> <p>Державна служба статистики України</p> <p>Кундієв Ю. І. [110], Ізмеров Н.Ф. [111]</p>
2. Забезпечення контролю та нагляду за станом умов та охорони праці	<ul style="list-style-type: none"> <li>– показник ефективності залучення до адміністративної відповідальності;</li> <li>– показник ефективності призупинених робіт;</li> <li>– показник ефективності наглядової діяльності, проведеної на одного інспектора;</li> </ul>	<p>[112], Водяник А. О. [113], Кружилко О.Є. [114], Романенко Н.В. [115]</p>

Продовження таблиці 2.1

1	2	3
3. Поліпшення умов охорони праці	<p>– число навчених з охорони праці в навчальних організаціях у розрахунку на загальну кількість працюючих в організаціях, розташованих на території України;</p> <p>– наявність служб охорони праці у роботодавців, підприємства яких розташовані в Україні, з чисельністю працюючих понад 50 чоловік;</p> <p>– питома вага працівників, зайнятих у несприятливих умовах праці;</p> <p>– кількість робочих місць, відповідних санітарно-гігієнічним нормам і вимогам;</p> <p>– кількість працівників, що пройшли періодичний медичний огляд;</p>	Статистичний щорічник України [110]
4. Оцінка професійних та соціальних ризиків	<p>– індекс професійного ризику;</p> <p>– кількість організацій, на яких проведена атестація робочих місць за умовами праці, від загальної кількості;</p> <p>– індикатор проведення атестації робочих місць за умовами праці в розрізі атестованих робочих місць;</p>	<p>Вертеленко М.В. [116]</p> <p>Милухин К.В. [109]</p>
5. Інформаційне та економічне забезпечення охорони праці	<p>– прямий економічний ефект від скорочення (зростання) нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань;</p> <p>– загальний економічний ефект проведених заходів щодо поліпшення умов і охорони праці та здоров'я працюючих;</p> <p>– витрати на заходи з охорони праці в розрахунку на 1 працівника.</p>	Максимкин В.Е. [117], Ткачук К.Н. [58]

Слід окремо виділити ризико-орієнтований підхід, який складається з двох елементів: оцінка ризику та управління ризиком. І на сьогоднішній день досліджується багатьма вченими, серед яких: Водяник А.О., Глива В.А., В.Г. Здановський, Лапшин О.О. [118], Лисюк М.О..

Крім традиційних показників (показники виробничого травматизму, професійної захворюваності, атестації робочих місць за умовами праці, стану умов праці, витрати на заходи з охорони праці тощо) в дослідження включені і нові показники, такі як:

- перелік робочих місць з шкідливими і (або) небезпечними умовами праці (із зазначенням виробничих ділянок роботодавців);
- загальна кількість працівників, в т.ч. жінок, де умови праці приведені у відповідність з гігієнічними нормами;
- загальна кількість працівників, в т.ч. жінок, переведених з важких робіт, робіт із шкідливими і (або) небезпечними умовами праці;
- кількість жінок дітородного віку, переведених з умов впливу хімічних речовин 1, 2 класів небезпеки і речовин, що мають алергенну, канцерогенну, ембріотропну, мутагенну і тератогенну дію;
- стан профілактичної роботи з організації охорони праці неповнолітніх;
- витрати на модернізацію виробничих об'єктів і технічних процесів;
- інформація про забезпеченість працівників засобами індивідуального захисту відповідно до типових норм;
- прямий економічний ефект від скорочення (зростання) нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань;
- загальний економічний ефект від скорочення (зростання) нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань;
- економічний ефект від зниження (збільшення) додаткових виплат та інші.

Загальна кількість показників може збільшуватись під час подальших досліджень [97].

### **2.1.2 Формування сукупності показників впливу на управління рівнем виробничого травматизму на машинобудівному підприємстві**

У процесі аналізу показників впливу серед усієї їх сукупності, які формулюються і надаються для розгляду та аналізу, виникає потреба вибрати найбільш впливові з точки зору досягнення кінцевого якісного результату – впливу і можливості контролю та аналізу рівня виробничого травматизму на машинобудівному підприємстві. Вирішення поставленої проблеми та досягнення потрібних результатів – виявлення найбільш важливих для аналізу показників впливу, визначення якісної складової за результатами аналізу рівня травматизму на машинобудівному виробництві дозволяє зробити комплексне використання емпіричних підходів аналізу, засобу візуалізації інформації – діаграми Ісікави [119, 120].

**Математичне формулювання задачі.** Нехай досліджувана система об'єктів (виробництв) складається зі скінченної множини  $A_0$  показників  $A_n, A_0 = \{A_n | n = \overline{1, N}\}$ . Кожний з показників  $A_n \in A_0$  всієї скінченної множини  $A_0$ , розподіляється до групи  $E_0$  найвпливовіших підгруп  $E_k, E_k, E_0 = \{E_k | k = \overline{1, K}\}$ . Необхідно сформулювати кількість найвпливовіших підгруп  $E_k$  показників  $A_n, A_0 = \{A_n | n = \overline{1, N}\}, E_k \in E_0$  піддається аналізу з метою вирішення поставленого завдання  $S$ . Де під завданням розуміється дослідження показників, що дозволяють здійснити оцінювання рівня виробничого травматизму і їх розподіл та групування, з метою визначення показників, які найбільшим чином відображають стан справ у сфері охорони праці та якомога повніше відображають картину щодо рівня травматизму на машинобудівному виробництві в цілому.



Точність і адекватність оцінювання рівня виробничого травматизму в значній мірі залежить від повноти обліку усіх важливих показників, які на цей рівень мають вплив та відображають повну картину стосовно травматизму на виробництві. Тому визначення достатньо повного складу вихідних показників є принципово важливим і відповідальним етапом для подальшого оцінювання рівня виробничого травматизму на машинобудівному виробництві.

Вирішення поставленої задачі можливо в умовах проведення експертизи об'єкта управління.

Під експертизою зазвичай розуміють проведення групою компетентних фахівців вимірювання деяких характеристик для підготовки прийняття рішення [121]. Особливість такої процедури вимірювання, як експертиза, в тому, що в якості вимірювальних приладів виступають люди. Причини залучення людей для оцінювання об'єктів прості: або самі об'єкти або їх характеристики суб'єктивні, або відсутні відповідні прилади, які об'єкти або їх характеристики ще належить створити (як це має місце при складанні прогнозів розвитку будь-якої системи).

Для нашого часу характерна збільшена складність процесу управління. Це пояснюється як ускладненням об'єктів управління, так і усвідомленням необхідності враховувати не тільки об'єктивні тенденції розвитку ситуації, але й реакцію учасників подій на прийняті рішення. Інша риса прийнятих рішень – відсутність часто необхідної інформації і чіткого знання тенденції розвитку ситуації, за допомогою експертизи можна знизити ризик прийняття помилкового рішення.

Під час експертного аналізу причин виробничого травматизму була задіяна група з 20 експертів, які компетентні у цій сфері, а саме співробітники, інженери з охорони праці, за результатами експертного оцінювання якими була визначена сукупність причин, які найбільшим чином відповідають поставленому завданню оцінювання рівня виробничого травматизму.

Були визначені наступні 30 причин виробничого травматизму [81, 85-87]:

$X_1$  – конструктивні недоліки, недосконалість, недостатня надійність засобів виробництва;

$X_2$  – конструктивні недоліки, недосконалість, недостатня надійність транспортних засобів;

$X_3$  – неякісна розробка або відсутність проектної документації на будівництво, реконструкцію виробничих об'єктів, будівель, споруд, обладнання тощо;

$X_4$  – неякісне виконання будівельних робіт;

$X_5$  – недосконалість, невідповідність вимогам безпеки технологічного процесу;

$X_6$  – незадовільний технічний стан виробничих об'єктів, будинків, споруд, території;

$X_7$  – незадовільний стан виробничого середовища;

$X_8$  – інші технічні причини;

$X_9$  – незадовільне функціонування, недосконалість або відсутність системи управління охороною праці;

$X_{10}$  – недоліки під час навчання безпечним прийомам праці, у тому числі: відсутність або неякісне проведення інструктажу, допуск до роботи без навчання та перевірки знань з охорони праці;

$X_{11}$  – неякісна розробка, недосконалість інструкцій з охорони праці або їх відсутність;

$X_{12}$  – порушення режиму праці та відпочинку;

$X_{13}$  – відсутність або неякісне проведення медичного обстеження (профвідбору);

$X_{14}$  – невикористання засобів індивідуального захисту через незабезпеченість ними;

$X_{15}$  – залучення до роботи працівників не за спеціальністю (професією);

$X_{16}$  – порушення технологічного процесу;

$X_{17}$  – порушення вимог безпеки під час експлуатації устаткування, машин, механізмів тощо;

$X_{18}$  – порушення вимог безпеки під час експлуатації транспортних засобів;

$X_{19}$  – порушення правил дорожнього руху;

$X_{20}$  – незастосування засобів індивідуального захисту (за їх наявності);  
 $X_{21}$  – порушення трудової і виробничої дисципліни;  
 $X_{22}$  – невиконання посадових обов'язків;  
 $X_{23}$  – невиконання вимог інструкцій з охорони праці;  
 $X_{24}$  – інші організаційні причини;  
 $X_{25}$  – алкогольне, наркотичне, токсикологічне отруєння або сп'яніння;  
 $X_{26}$  – незадовільні фізичні данні або стан здоров'я;  
 $X_{27}$  – травмування внаслідок протиправних дій інших осіб;  
 $X_{28}$  – особиста необережність потерпілого;  
 $X_{29}$  – інші психофізіологічні причини;  
 $X_{30}$  – інші причини (без урахування технічних, організаційних і психофізіологічних причин).

Аналізування причин виробничого травматизму здійснювалось за 12 бальною шкалою з метою визначення “ваги” кожного у вирішенні завдання оцінювання поточного стану виробничого травматизму (Додаток А табл. А.2.1).

Причинам було приписано номери (ранги), що характеризують їх роль у питанні оцінювання поточного стану травматизму на виробництві (більш важливим показникам приписуються перші номери). З метою визначення узгодженості оцінок експертів щодо важливості кожного з показників для задачі визначення поточного стану виробничого травматизму було проведено аналіз оцінок з використанням *коефіцієнта конкордації*, запропонованого Кендаллом [122-124].

$$W = \frac{12 \cdot D}{m^2(k^3 - k)} , \quad (2.1)$$

де  $D = \sum_{i=1}^n \left\{ \sum_{j=1}^m x_{ij} - \frac{1}{2} \cdot m(k+1) \right\}^2$  – сума квадратів різниць (відхилень);

$m$  – кількість експертів;

$k$  – кількість показників.

Після визначення коефіцієнта конкордації проведена оцінка його значимості використовуючи *критерій*  $\chi^2$ . Враховуючи, що деякі експерти давали однакові оцінки показникам, то розрахунок здійснюємо наступним чином [122]:

$$W = \frac{12 \cdot D}{m^2(k^3 - k) - m \cdot \sum_{i=1}^e T_i}, \quad (2.2)$$

$$T_i = \frac{1}{12} \cdot \sum_{v=1}^n (t_v^3 - t_v), \quad (2.3)$$

де  $e$  – число рядків, які мають пов'язані ранги;

$n$  – число типів пов'язаних рангів у рядку;

$t$  – кількість рівних рангів з  $i$ -го рядка.

Якщо  $\chi^2_{\text{розн.}} = m(k-1)W > \chi^2_{\text{кр.}}$ , то вважаємо що думки експертів узгоджені при вибраному рівні значимості.

За результатами розрахунків за формулами (2.2) та (2.3) були отримані наступні результати:  $T_i = 781,5$ ;  $W = 0,89$ ;  $\chi^2_{\text{розн.}} = 513,94$ .

Критичне значення  $\chi^2_{\text{кр.}}$  для одновідсоткового рівня значимості та числа ступеня свободи, що дорівнює 29, складає  $\chi^2_{\text{кр.}} = 42,56$  [124]. Оскільки  $\chi^2_{\text{розн.}} > \chi^2_{\text{кр.}}$   $513,94 > 42,56$ , то була прийнята гіпотеза щодо наявності узгодженості думок експертів. Графічне представлення узгодженості 20-ти експертів та визначення “ваги” кожного показника щодо оцінювання поточного стану виробничого травматизму наведено на рис 2.1.

Підсумовуючи вище викладене, слід зазначити, що у більшості випадків причинами настання нещасного випадку на виробництві є порушення трудової і виробничої дисципліни, незадовільний технічний стан, незадовільний стан виробничого середовища, порушення правил дорожнього руху, порушення вимог безпеки під час експлуатації транспортних засобів, порушення вимог безпеки під час експлуатації устаткування, машин, механізмів тощо.

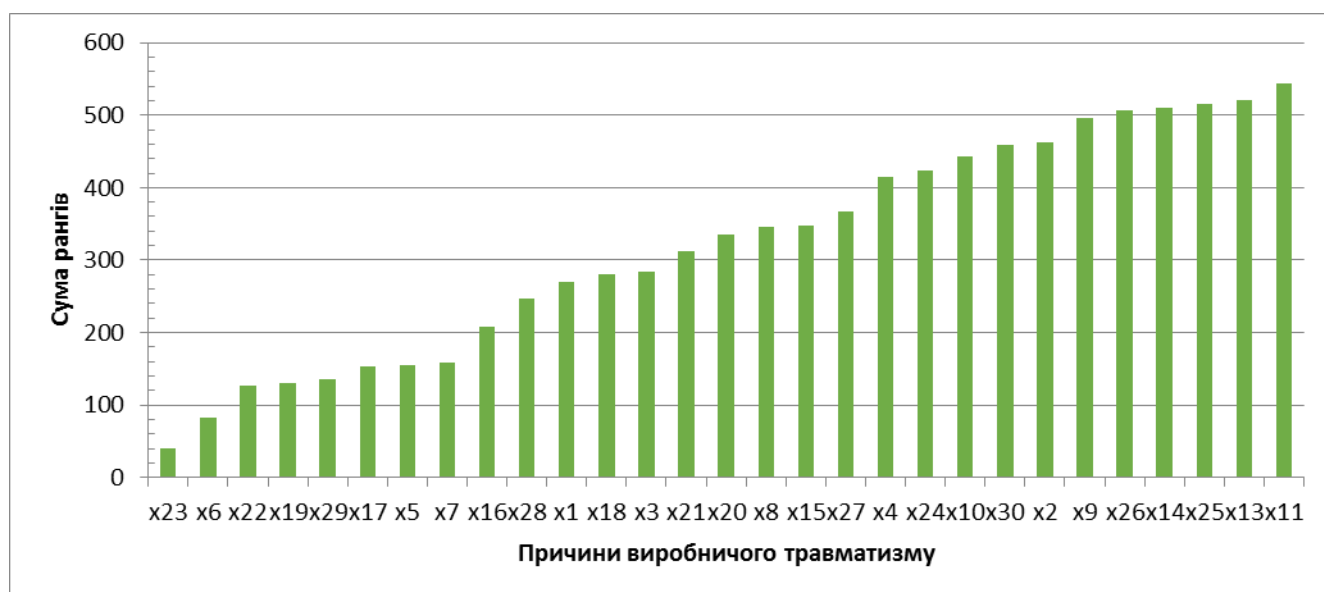


Рисунок 2.1 – Результати аналізу причин виробничого травматизму за результатами експертного оцінювання

Одночасно це свідчить про те, що окремі власники підприємств або уповноважені ними органи не в змозі правильно організувати працю працівників, створювати умови для зростання продуктивності праці, забезпечити трудову і виробничу дисципліну та неухильно дотримуватись законодавства про працю і правил охорони праці, як цього вимагає стаття 141 Кодексу Законів про працю.

Подальший аналіз складу визначених показників дає можливість зосередити свої зусилля на найбільш важливих проблемах з охорони праці. Вибір шляху вирішення кожної з яких, визначається можливостями та повноваженнями керівництва виробництва та досвідом співробітників тощо.

Визначимо можливості комплексного аналізу складу показників, що дозволяють здійснити оцінювання рівня травматизму на виробництві з використанням емпіричних методів.

## 2.2 Емпіричні методи аналізу показників впливу на рівень виробничого травматизму

Складність аналізу процесів в сфері охорони праці обумовлені багатоаспектністю взаємодії технічних та організаційних її складових, їх

взаємозв'язком. Відсутністю достатньої кількісної повної інформації щодо динаміки процесів у сфері охорони праці та їх мінливості у часі тощо. Такі системи називаються слабоструктурованими, визначити логіку розвитку подій у сфері охорони праці на багато-показниковому полі є дуже складною задачею. Тому, в цьому випадку необхідно використовувати емпіричні методів аналізу, а саме, використання причинно-наслідкової діаграми. Розглянемо більш детально ці засоби аналізу показників впливу на рівень виробничого травматизму.

Для графічної візуалізації моделі емпіричного аналізу представлена діаграма Ісікави на рис. 2.2.

Діаграма Ісікави дає можливість виявити та всебічно оцінити всі можливі причини впливу на рівень виробничого травматизму. Однак, з діаграми не можна зробити точний висновок про те, яка з причин найімовірніша; проте, якщо діаграма складена коректно, вона дає перелік усіх можливих причин.

Етапи аналізу показників стану охорони праці представлено на рис. 2.3.



Рисунок 2.3 – Етапи аналізу показників стану охорони праці

Використання складової комплексного аналізу – діаграми Ісікави, дає можливість визначити ключові причини, які мають вплив на проблему, що вирішується – оцінювання рівня виробничого травматизму на машинобудівному виробництві та її структуризації.

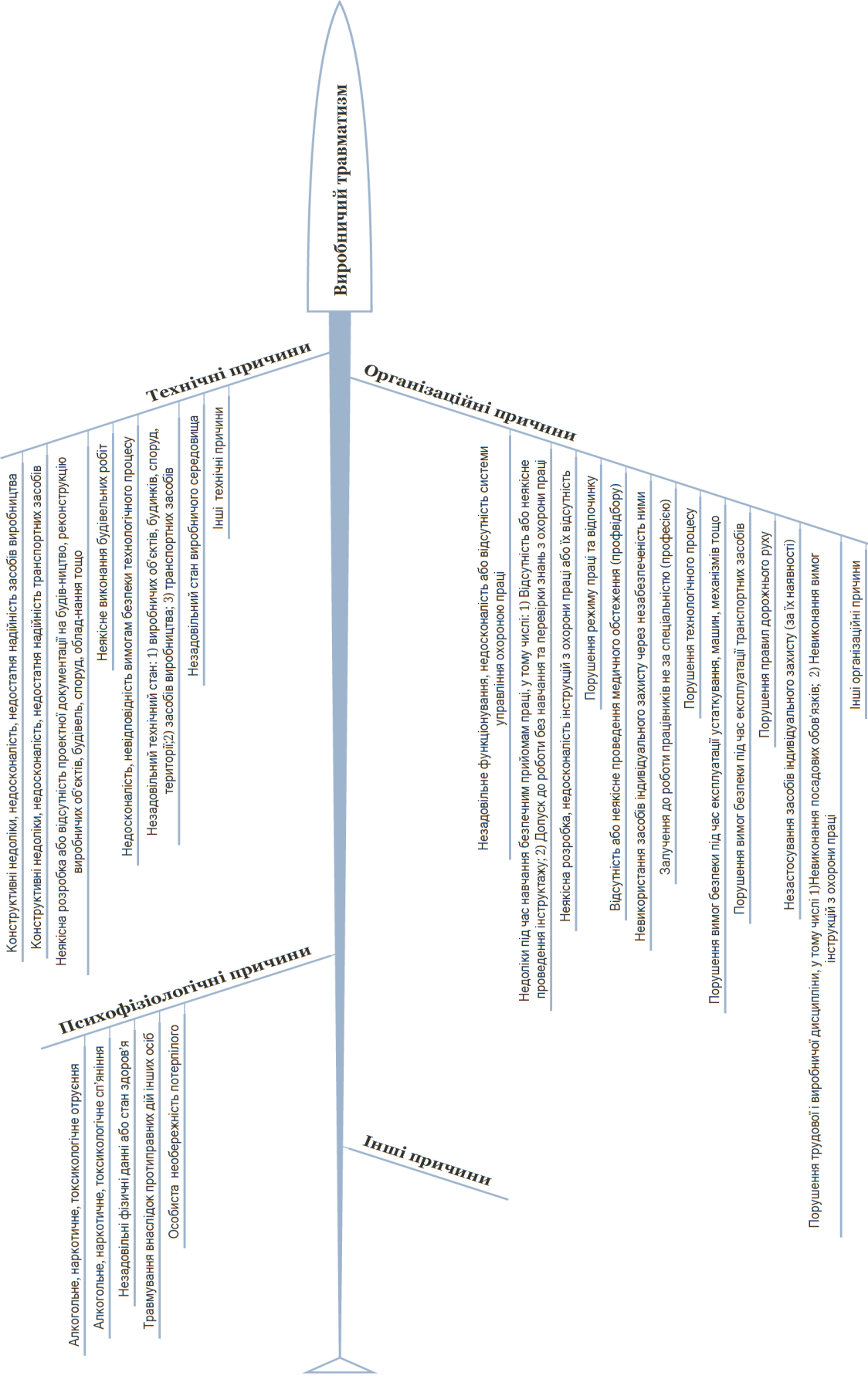


Рисунок 2.2– Діаграма Ісікави виробничого травматизму

У процесі побудови причинно-наслідкової діаграми підбирається максимальна кількість показників для кожної групи з метою відображення якомога повної картини щодо стану травматизму та подальшого його аналізу рівня виробничого травматизму на машинобудівному виробництві.

### **2.3 Відбирання впливових факторів із використанням методу головних компонент**

На наступному етапі здійснювалися дослідження щодо скорочення кількості впливових факторів формалізованим методом головних компонент (МГК).

Врахування всього вихідного поля чинників як параметрів математичної моделі істотно ускладнює розрахунки, причому точність моделювання може не лише не покращуватися, але й погіршуватися. Тому, використовуючи результати їх класифікації [123] було здійснено відбір найбільш впливових інформативних чинників, у тому числі, за допомогою методів експертного оцінювання [123-125]. Слід зазначити, що не зважаючи на спільні риси класифікації показників та однакові підходи до їх відбору, єдиної думки та типових рішень у розв'язку даної задачі не існує. Причому, відмінним є як перелік показників, так і їх кількість. Така відмінність може бути зумовлена рядом причин: рівнем автоматизації збору статистичної інформації, що зумовлює відповідне ставлення експертів до можливості реального визначення того або іншого показника; способом набуття досвіду експерта, який визначається не лише його кваліфікацією, а й місцем здобування досвіду.

У будь-якому випадку кількість відібраних показників є значною, що забезпечує достатньо точне моделювання виробничого травматизму, але ускладнює процес аналізування рівня травматизму на машинобудівному виробництві.

Отже, для вирішення задач аналізування рівня ефективності стану виробничого травматизму на машинобудівному виробництві необхідно не лише відібрати показники, що мають вагомий вплив на рівень виробничого



травматизму, але й виявити їх структуру, тобто, сформулювати деякі узагальнювальні фактори. При цьому необхідно передбачити можливість забезпечення відносної незмінності ступеня впливу отриманих факторів на рівень виробничого травматизму за умов зміни кінцевого набору відібраних показників, що їх визначають залежно від умов проведення експертного оцінювання.

Для визначення факторів, які найбільш впливають на рівень виробничого травматизму, необхідно відкинути малоінформативні показники, що доцільно здійснити за допомогою багатомірного статистичного аналізу [125-135].

Для аналізу рівня травматизму на виробництві було проведено ранжування 30 попередньо відібраних показників [124] із метою виявлення рівня впливу кожного з них на рівень виробничого травматизму. Далі проведено перевірку гіпотези про наявність або відсутність певної структури впливу на рівень виробничого травматизму.

Існують два підходи до виділення впливових параметрів (рис. 2.4) [126-128].

До першого відносяться методи, які дозволяють скоротити розмірність множини без видозміни параметрів. Ці методи засновані на побудові лінійної регресійної моделі, а пошук змінних здійснюється послідовним виключенням із моделі змінних [126]. Віднесення змінних до множини впливових визначається згідно зі змінами множинного коефіцієнта кореляції.

Другий шлях об'єднує методи, у яких зниження розмірності простору виконується одночасно з його перетворенням. До цих методів відносяться факторний аналіз, метод головних компонент та канонічний аналіз [128]. Характерною особливістю цього підходу є те, що виконується вибір і оцінка значимості не окремих змінних, а інформативних за сукупністю груп змінних [127].

Із всіх методів, які дозволяють узагальнювати значення елементарних ознак, МГК відрізняється простою логічною побудовою. Він використовується для розв'язування наступних типів задач:

- аналізування причинно-наслідкових зв'язків показників та визначення їх

стохастичного зв'язку з головними компонентами;

- побудова узагальнених техніко-економічних показників;
- ранжування об'єктів або спостережень за головними компонентами;
- класифікація об'єктів спостережень;
- стиснення вихідної інформації;
- побудова рівнянь регресії за узагальненими техніко-економічними показниками [136].

Дослідження проводилося з використанням статистичних даних за звітами Державної служби статистики України про стан безпеки праці на виробництві України.

На рис. 2.4 представлено алгоритм виявлення інформативного набору впливових факторів методом головних компонент.

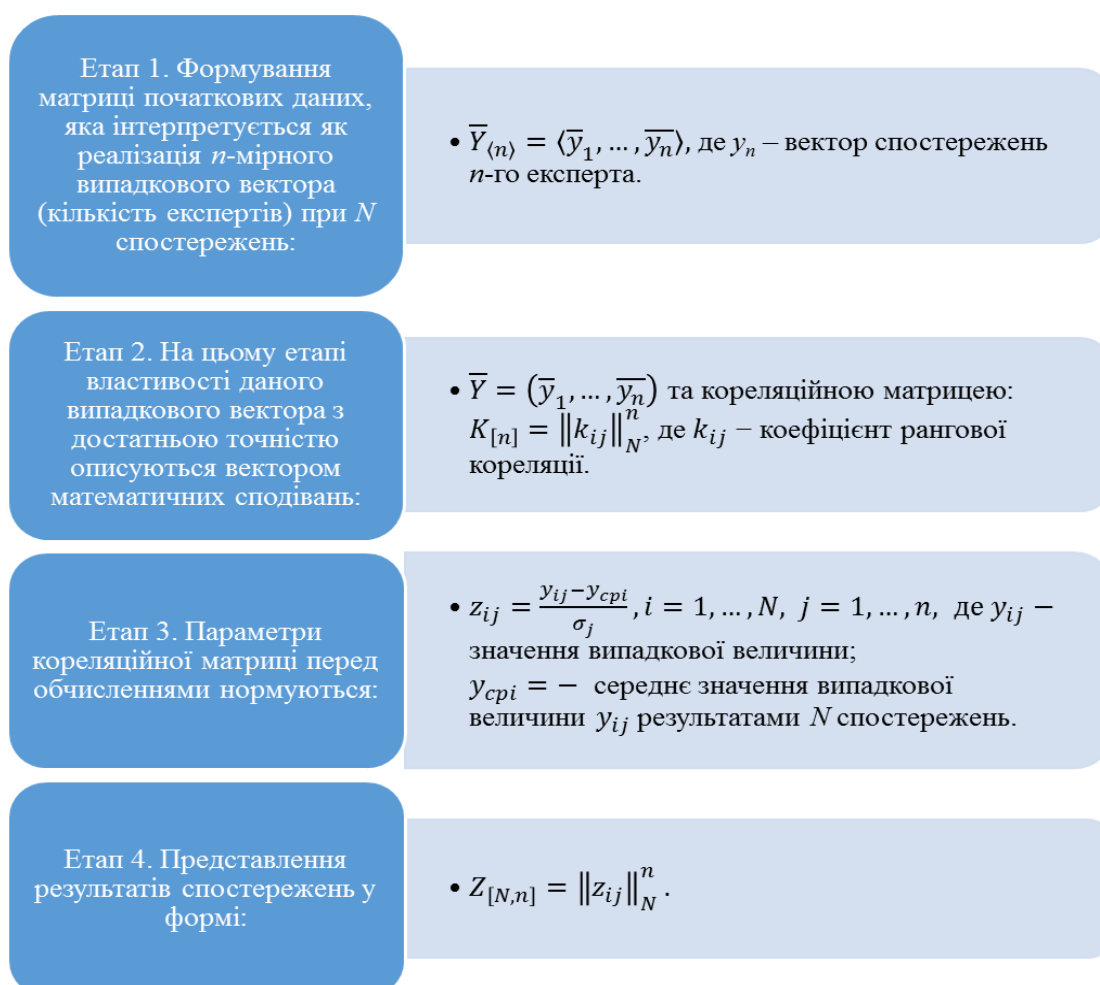


Рисунок 2.4 – Алгоритм виявлення інформативного набору впливових факторів методом головних компонент.

Розрахунок побудований на відомій процедурі обчислення головних компонент [132], яка в подальшому деяким чином модифікується для отримання інваріантного тривимірного зображення.

Модель компонентного аналізу передбачає, що будь-яка ознака  $\bar{z}_j$  може бути представлена комбінацією головних компонент  $f_i$  у вигляді:

$$\bar{z}_j = a_1 \bar{f}_1 + a_2 \bar{f}_2 + \dots + a_{ij} \bar{f}_n, \quad (2.4)$$

де  $f_1, \dots, f_n$  – головні компоненти;

$a_{ij}$  – вага  $i$ -ї головної компоненти в  $j$ -й змінній.

Головні компоненти  $\bar{f}_i$  є некорельованими між собою безрозмірними змінними, які представляють лінійну комбінацію  $n$ -змінних:

$$\bar{f}_i = a_{i1} \bar{z}_1 + a_{i2} \bar{z}_2 + \dots + a_{in} \bar{z}_n. \quad (2.5)$$

Аналіз головних компонент зводиться до знаходження лінійного перетворення  $n$  ознак з метою отримання сукупності некорельованих нормованих змінних  $\bar{f}_i$ , дисперсії яких мали б властивість:

$$\sigma^2(\bar{f}_1) \geq \sigma^2(\bar{f}_2) \geq \dots \geq \sigma^2(\bar{f}_n). \quad (2.6)$$

Тобто, перша головна компонента визначає максимально можливий внесок у сумарну дисперсію результатів спостережень, друга – максимальний внесок у дисперсію, яка залишається після виключення дисперсії першої компоненти й т.і.

Розглянуте перетворення відповідає перетворенню початкової матриці  $k_{[n]}$  до матриці вигляду:

$$F_{[n]}^T F_{[n]} = \begin{bmatrix} \sigma^2(\bar{f}_1) & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \sigma^2(\bar{f}_2) & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \sigma^2(\bar{f}_n) \end{bmatrix} \quad (2.7)$$

Обчислення головних компонент сукупності результатів і спостережень у відповідності з наведеним вище алгоритмом зводиться до аналізування матриці кореляційних моментів та обчислення власних чисел та власних векторів цієї матриці [128, 129, 136, 137].

Ортогональне перетворення випадкового вектора зберігає інваріантність узагальненої дисперсії та суми дисперсій компонент. Тобто, узагальнена дисперсія вектора головних компонент дорівнює узагальненій дисперсії вихідного вектора, а сума дисперсій головних компонент дорівнює сумі дисперсій вихідних величин [128, 129, 136].

Перший крок процедури аналізу множини статистичних даних передбачає проведення розрахунку на основі початкових даних кореляційної матриці, яка відображає тісноту зв'язку між причинами виробничого травматизму, які, на думку експертів, істотно впливають на виробничий травматизм в галузі машинобудування (табл. 2.2). Обчислення проводилися за допомогою стандартного модуля *Factor Analysis* пакета прикладних програм (ППП) *STATISTICA* [124, 138].

Таблиця 2.2 – Кореляційна матриця

Причини ВТ	Коефіцієнти кореляції											
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12
X1	1,00	0,98	0,81	0,79	0,89	0,70	0,98	0,58	0,88	0,82	0,80	0,45
X2	0,98	1,00	0,85	0,83	0,93	0,75	0,96	0,48	0,90	0,85	0,79	0,40
X3	0,81	0,85	1,00	0,98	0,96	0,98	0,71	0,23	0,99	1,00	0,93	0,39
X4	0,79	0,83	0,98	1,00	0,94	0,97	0,68	0,28	0,96	0,99	0,95	0,48
X5	0,89	0,93	0,96	0,94	1,00	0,92	0,83	0,32	0,97	0,96	0,87	0,35
X6	0,70	0,75	0,98	0,97	0,92	1,00	0,58	0,11	0,95	0,98	0,88	0,31
X7	0,98	0,96	0,71	0,68	0,83	0,58	1,00	0,59	0,80	0,73	0,69	0,41
X8	0,58	0,48	0,23	0,28	0,32	0,11	0,59	1,00	0,33	0,25	0,44	0,57
X9	0,88	0,90	0,99	0,96	0,97	0,95	0,80	0,33	1,00	0,99	0,92	0,39
X10	0,82	0,85	1,00	0,99	0,96	0,98	0,73	0,25	0,99	1,00	0,93	0,42
X11	0,80	0,79	0,93	0,95	0,87	0,88	0,69	0,44	0,92	0,93	1,00	0,64
X12	0,45	0,40	0,39	0,48	0,35	0,31	0,41	0,57	0,39	0,42	0,64	1,00

Коректний розв'язок задачі за допомогою методу головних компонент передбачає підтвердження значимості вихідної матриці парних кореляцій та достатньої кількості узагальнених факторних ознак для аналізу.

Перевірка значимості матриці кореляцій здійснюється за допомогою критерія Уїлкса –  $\chi^2$ , який розраховується за формулою Бартлета [136]:

$$\chi^2 = - \left( n - \frac{1}{6}(2m + 5) \right) \ln |R|, \quad (2.8)$$

де  $n$ ,  $m$  — кількість спостережень та кількість елементарних ознак, відповідно;

$R$  — кореляційна матриця.

Порівняння, розрахованого за виразом (2.8) значення критерію Уїлкса ( $\chi^2 = 485,79$ ) з табличним значенням  $\chi^2 = 42,56$  (для довірчого рівня ймовірності 89% та кількості ступенів свободи  $v = \frac{1}{2}m(m - 1)$ ), дає можливість зробити висновок про значимість матриці кореляцій, оскільки  $\chi^2 > \chi^2_{\tau}$ . Отже, відібрані на основі ранжування причини виробничого травматизму дають підставу для пошуку узагальнених причин [124].

Подальший розрахунок ґрунтується на відомій процедурі обчислення головних компонент [130-136], яка в подальшому деяким чином модифікується для отримання інваріантного тривимірного зображення [124, 137].

Рациональну кількість головних компонент дозволяє вибрати критерій відсіювання (*scree-test*), який був розроблений Каттеллом [139]. Послідовність виділення головних компонент доцільно представити у вигляді графіка «кам'янистого осипу» (рис. 2.5), який вказує на доцільність формування трьох головних компоненти.

Формування головних компонент із сукупності результатів спостережень зводиться до аналізування матриці кореляційних моментів та обчислення власних чисел та власних векторів цієї матриці.

Результати застосування методу головних компонент представлено даними матриці факторних навантажень (табл. 2.3). Аналіз коефіцієнтів цієї матриці  $a_{ij}$  дозволяє провести чисельно-формальне пояснення коефіцієнтів кореляції, а це дає можливість припустити, що за кореляціями стоїть фактор, який би міг обумовлювати ці кореляції.

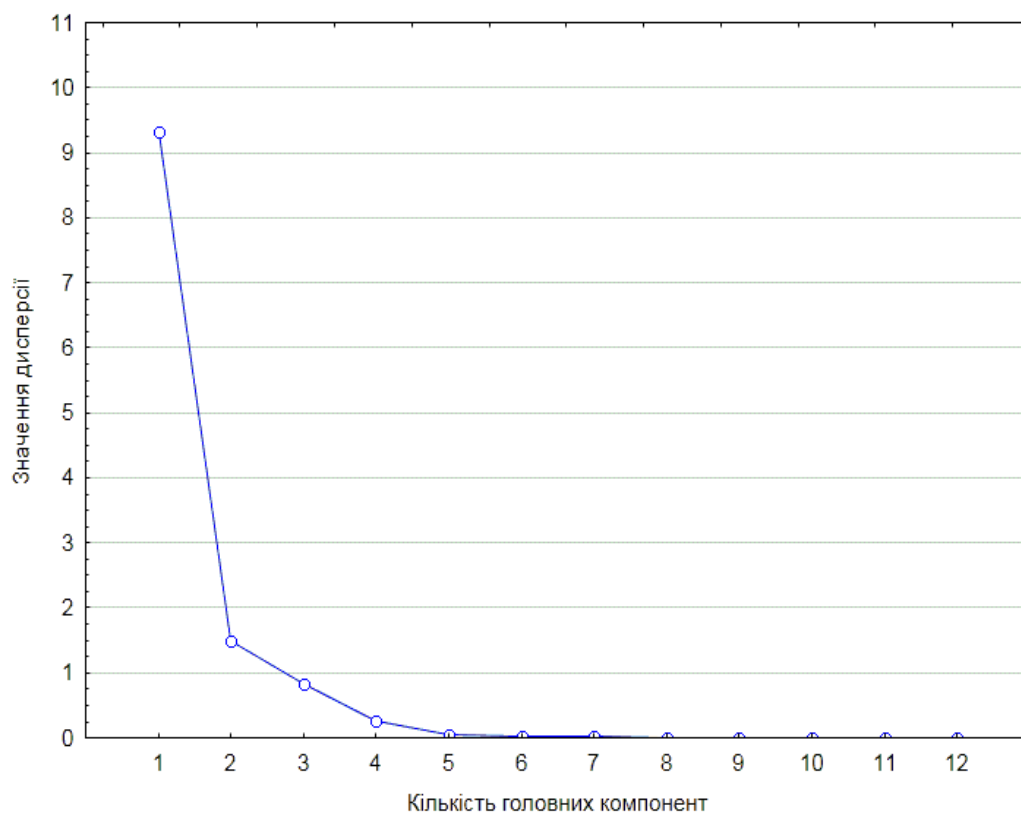


Рисунок 2.5 – Графік «кам'янистого осипу»

Таблиця 2.3 – Матриця факторних навантажень (без обертання факторного простору)

Причини ВТ	Факторні навантаження		
	Фактор - 1	Фактор - 2	Фактор - 3
X1	-0,923482	-0,241165	-0,274065
X2	-0,935622	-0,124618	-0,282599
X3	-0,965237	0,244366	0,067120
X4	-0,959283	0,188805	0,172559
X5	-0,971148	0,139104	-0,121572
X6	-0,905552	0,390070	0,128464
X7	-0,852840	-0,318875	-0,377371
X8	-0,439777	-0,825975	-0,027632
X9	-0,983412	0,145141	-0,033070
X10	-0,970609	0,223454	0,072025
X11	-0,942487	-0,015205	0,285355
X12	-0,511860	-0,539398	0,618478
Власні числа	9,323473	1,486651	0,833935
Вага факторів, %	0,776956	0,123888	0,069495

Як видно з матриці факторних навантажень (табл. 2.3), сформовані три головні компоненти описують 97 % загальної дисперсії. Але для покращення інтерпретації узагальнених факторів  $F_1$  та  $F_3$  необхідно здійснити обертання факторного простору методом «варимакс» [130].

Ортогональне перетворення випадкового вектора зберігає інваріантність узагальненої дисперсії та суми дисперсій компонент. Тобто, узагальнена дисперсія вектора головних компонент дорівнює узагальненій дисперсії вихідного вектора, а сума дисперсій головних компонент дорівнює сумі дисперсій вихідних величин.

Метод «варимакс» передбачає обертання факторних вісів так, щоб при збереженні ортогональності факторів мінімізується число змінних з високим факторним навантаженням [136]. Після проведення процедури обертання «варимакс» матриця факторних навантажень набуває вигляду (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 – Матриця факторних навантажень (обертання методом «варимакс»)

Причини ВТ	Факторні навантаження		
	Фактор - 1	Фактор - 2	Фактор - 3
X1	0,583712	0,779284	0,195162
X2	0,653045	0,728777	0,114878
X3	0,940773	0,308722	0,124661
X4	0,927905	0,263909	0,234507
X5	0,852755	0,496131	0,062608
X6	0,979884	0,159074	0,056610
X7	0,463828	0,855509	0,156189
X8	-0,073532	0,682020	0,637058
X9	0,883815	0,438990	0,124168
X10	0,935262	0,319289	0,143321
X11	0,829850	0,288133	0,445275
X12	0,265666	0,126247	0,921384
Власні числа	6,836229	3,165470	1,642359
Вага факторів, %	0,569686	0,263789	0,136863

До першої головної компоненти  $F_1$  ( 57 % від загальної дисперсії) увійшли

такі показники, як:

- невиконання посадових обов'язків;
- порушення правил дорожнього руху;
- особиста необережність потерпілого;
- порушення вимог безпеки під час експлуатації устаткування, машин, механізмів тощо;
- порушення технологічного процесу;
- травмування внаслідок протиправних дій інших осіб;
- конструктивні недоліки, недосконалість, недостатня надійність засобів виробництва.

До другої головної компоненти  $F_2$  (26,37% від загальної дисперсії) з високими факторними навантаженнями ввійшли такі причини:

- незадовільний технічний стан виробничих об'єктів, будинків, споруд, території;
- невиконання вимог інструкцій з охорони праці;
- недосконалість, невідповідність вимогам безпеки технологічного процесу.

У третій головній компоненті  $F_3$  (13,7% від загальної дисперсії) найбільш вагомими є:

- порушення вимог безпеки під час експлуатації транспортних засобів.

Графічну візуалізацію приналежності вихідних факторів до певної головної компоненти забезпечує побудова тривимірної діаграми факторних навантажень головних компонент (рис. 2.6).

Запропоновано модель факторного аналізу причин виробничого травматизму представити у вигляді [124, 130]:

$$Z_j = a_1 F_1 + a_2 F_2 + \dots + a_{ij} F_i, \quad (2.9)$$

де  $Z_j$  – залежні фактори виробничого травматизму;

$F_1, \dots, F_i$  – головні компоненти;

$a_{ij}$  – вага  $i$ -ої головної компоненти в  $j$ -ій змінній.



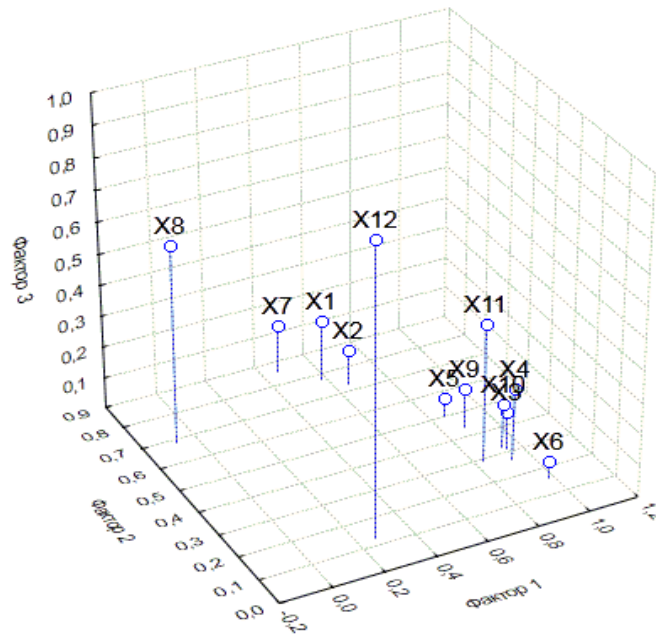


Рисунок 2.6 – Діаграма факторних навантажень головних компонент:  
Фактор 1, 2, 3 – головні компоненти великого, середнього та низького впливу  
відповідно

Отже, система лінійних рівнянь залежних факторів  $Z_j$  та головних компонент  $F_n$  (узагальнених факторів) матиме вигляд:

$$\begin{cases} Z_1 = 0,5837F_1 + 0,7793F_2 + 0,1952F_3; Z_2 = 0,6530F_1 + 0,7288F_2 + 0,1149F_3; \\ Z_3 = 0,9408F_1 + 0,3087F_2 + 0,1247F_3; Z_4 = 0,9280F_1 + 0,2639F_2 + 0,2345F_3; \\ Z_5 = 0,8528F_1 + 0,4961F_2 + 0,0626F_3; Z_6 = 0,9789F_1 + 0,1591F_2 + 0,0566F_3; \\ Z_7 = 0,4638F_1 + 0,8555F_2 + 0,1562F_3; Z_8 = -0,0735F_1 + 0,6820F_2 + 0,6371F_3; \\ Z_9 = 0,8838F_1 + 0,4390F_2 + 0,1242F_3; Z_{10} = 0,9353F_1 + 0,3193F_2 + 0,1433F_3; \\ Z_{11} = 0,8299F_1 + 0,2881F_2 + 0,4453F_3; Z_{12} = 0,2657F_1 + 0,1262F_2 + 0,9214F_3; \end{cases} \quad (2.10)$$

Головні компоненти  $F_n$  є некорельованими між собою безрозмірними змінними, які представляють лінійну комбінацію  $n$  змінних [124, 139]:

$$F_i = \frac{1}{\lambda_i} (a_{i1}Z_1 + a_{i2}Z_2 + \dots + a_{ij}Z_j), \quad (2.11)$$

Отже, виходячи з результатів факторного аналізу, можна записати повний вираз залежності значень головних компонент від значень залежних показників:

$$\begin{aligned}
F_1 &= \frac{1}{6,8362} \cdot (0,5837Z_1 + 0,6530Z_2 + 0,9408Z_3 + 0,9280Z_4 + 0,8528Z_5 + +0,9789Z_6 \\
&+ 0,4638Z_7 - 0,0735Z_8 + 0,8838Z_9 + 0,9353Z_{10} + 0,8299Z_{11} + 0,2657Z_{12}; \\
F_2 &= \frac{1}{3,1655} \cdot (0,7793Z_1 + 0,7288Z_2 + 0,3087Z_3 + 0,2639Z_4 + 0,4961Z_5 + 0,1591Z_6 + \\
&0,8555Z_7 + 0,6820Z_8 + 0,4390Z_9 + 0,3193Z_{10} + 0,2881Z_{11} + 0,1262Z_{12}); \\
F_3 &= \frac{1}{1,6424} \cdot (0,1952Z_1 + 0,1149Z_2 + 0,1247Z_3 + 0,2345Z_4 + 0,0626Z_5 + 0,0566Z_6 + \\
&0,1562Z_7 + 0,6371Z_8 + 0,1242Z_9 + 0,1433Z_{10} + 0,4453Z_{11} + 0,9214Z_{12}).
\end{aligned}
\tag{2.12}$$

За результатами проведених досліджень отримано остаточні вирази для головних компонент:

$$\begin{aligned}
F_1 &= \frac{1}{6,8362} \cdot (0,9408Z_3 + 0,9279Z_4 + 0,8528Z_5 + 0,9799Z_6 + 0,8838Z_9 + \\
&+ 0,9353Z_{10} + 0,8299Z_{11}); \\
F_2 &= \frac{1}{3,1655} \cdot (0,7793Z_1 + 0,7288Z_2 + 0,8555Z_7); \\
F_3 &= \frac{1}{1,6424} \cdot 0,9214Z_{12}.
\end{aligned}
\tag{2.13}$$

Зрозуміло, що зміна переліку вихідного інформативного поля за рахунок внесення інших показників, які можуть визначати рівень виробничого травматизму на машинобудівному виробництві, призведе до зміни виду рівнянь системи (2.12), але при цьому залишиться незмінною кількість та структура узагальнювальних факторів (що можна стверджувати, спираючись на результати аналізування рис. 2.6 та табл. 2.4). Сформовані узагальнюючі фактори дозволяють здійснити побудову простої математичної моделі рівня травматизму на виробництві. Подальше аналізування кожного з факторів окремо дозволить виявити вплив того або іншого показника (залежного фактора) на зміну узагальнювального фактора [124].

## 2.4 Застосування методу *ABC*-аналізу та закону Парето до аналізування виробничого травматизму

В Україні система управління охороною праці була розроблена 1976 р. з урахуванням вимог кола менеджменту, яке полягає в послідовності стандартних функцій: “визначення мети” – “планування” – “рішення” – “організація” – “мотивація” – “контроль”. Міжнародний стандарт *OHSAS 13001* було створено на підставі циклу Демінга [140,141], тобто так само, як і Міжнародні стандарти щодо управління якістю *ISO 9001* та охороною навколишнім середовищем *ISO 14001*. Їх застосування дозволяє створити інтегровану систему управління якістю, охороною навколишнього середовища і охороною праці.

Цикл Демінга фактично відтворює коло менеджменту, тому чинна на підприємствах України система управління охороною праці потребує лише деяких доповнень згідно зі стандартом *OHSAS 18001*.

Одним із напрямків вирішення проблеми виробничого травматизму в галузі машинобудування є застосування *ABC*-аналізу. *ABC*-аналіз – метод, який дозволяє класифікувати причини виробничого травматизму залежно від їхньої значущості. В основі класифікації лежить принцип Парето.

*ABC*-аналіз дозволяє [140]:

- 1) виділити найбільш значущі причини виробничого травматизму в галузі машинобудування;
- 2) направити фінансування на ті заходи з охорони праці, які найбільш необхідні для зниження виробничого травматизму і одночасно знизити витрати на інші заходи, за рахунок усунення зайвих функцій і видів робіт;
- 3) підвищити ефективність організаційних і управлінських рішень завдяки їх цільовій орієнтації.

Як показав аналіз літературних джерел [142-146], обґрунтування пріоритетних напрямів удосконалення засобів захисту працівників машинобудівних виробництв України здійснюється за допомогою аналізу надзвичайних ситуацій, що відбулися. Для вирішення даного завдання

використовуються матеріали спеціальних розслідувань випадків травматизму і статистична інформація. Їх аналіз здійснюється з використанням мережкових моделей і різних блок-схем [143-145], а також аналітичних виразів [146]. При цьому виробничий травматизм розглядається, переважно, як результат небезпечної діяльності людини – «людського фактора».

Водночас необхідно враховувати, що явище виробничого травматизму носить масовий характер, а значить, підпорядковується статистичним законам.

Аналіз літературних джерел [147, 148] дозволив встановити, що для визначення пріоритетів в обслуговуванні споживачів і планування інших робіт в економічній діяльності використовується закон 80/20. Закон був сформульований в 1897 році італійським економістом і соціологом Вільфредо Парето (закон 80/20 або «закон Парето», замість терміна «закон» в літературних джерелах також вживаються терміни «правило Парето» і «принцип Парето»), який досліджуючи розподіл доходів в Італії виявив, що значна частина з них зосереджена в руках невеликої частини населення, приблизно в співвідношенні 80 до 20 [147]. Цей принцип знайшов застосування у багатьох сферах життєдіяльності людини, наприклад, таких як економіка, управління якістю, енергозбереження.

У всіх випадках закон Парето показує нерівномірність розподілу причин (факторів) та результатів їх дії і дозволяє виявити проблеми, що підлягають першочерговому вирішенню. Побудова такого статистичного розподілу полягає у складанні діаграми Парето.

Проведені систематизація та аналіз даних актів форми Н-1 матеріалів спеціальних розслідувань нещасних випадків на машинобудівному виробництві з урахуванням класифікацій порядку розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 30.11.2011 р. № 1232 (табл. 2.5) свідчать про те, що кількість нещасних випадків з різних факторів є не однаковою. Кожній причині нещасних випадків приписуємо ранг відповідно до її значущості. Тобто ранг 1 присвоюється коду 24.2, ранг 2 – 06.0 тощо [140].

Для вирішення даного завдання використано матеріали спеціальних розслідувань випадків травматизму і статистичну інформацію за 2012-2017 роки, які надав Національний науково-дослідний інститут промислової безпеки та охорони праці (ННДІПБОП).

Таблиця 2.5 – Розподіл потерпілих за причинами нещасних випадків

Код	Причини нещасного випадку	Питома вага, %	Накопичувальна сума
1	2	3	4
24.2	Невиконання вимог інструкцій з охорони праці	15,5	15,5
06.0 ... 06.3	Незадовільний технічний стан виробничих об'єктів, будинків, споруд, території	14,5	30
24.1	Невиконання посадових обов'язків	8,5	38,5
21.0	Порушення правил безпеки руху	7,4	45,9
19.0	Порушення вимог безпеки під час експлуатації устаткування, машин, механізмів тощо	7	52,9
18.0	Порушення технологічного процесу	6,9	59,8
32.0	Особиста необережність потерпілого	4,8	64,6
31.0	Травмування внаслідок протиправних дій інших осіб	4,4	69
08.0	Інші технічні причини	3,9	72,9
07.0	Незадовільний стан виробничого середовища	3,2	76,1
05.0	Недосконалість, невідповідність вимогам безпеки технологічного процесу	3,2	79,3
01.0	Конструктивні недоліки, недосконалість, недостатня надійність засобів виробництва	2,6	81,9
20.0	Порушення вимог безпеки під час експлуатації транспортних засобів	2,5	84,4
24.0	Порушення трудової і виробничої дисципліни	2,1	86,5
22.0	Незастосування засобів індивідуального захисту (за їх наявності)	1,9	88,4
04.0	Неякісне виконання будівельних робіт	1,6	90
29.0	Незадовільні фізичні дані або стан здоров'я	1,4	91,4

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4
17.0	Залучення до роботи працівників не за спеціальністю (професією)	1,4	92,8
25.0	Інші організаційні причини	1,2	94
03.0	Неякісна розробка або відсутність проектної документації на будівництво, реконструкцію виробничих об'єктів, будівель, споруд, обладнання тощо	1,1	95,1
33.0	Інші психофізичні причини	0,9	96
10.1	Відсутність або неякісне проведення інструктажу	0,7	96,7
11.0	Неякісна розробка, недосконалість інструкцій з охорони праці або їх відсутність	0,5	97,2
02.0	Конструктивні недоліки, недосконалість, недостатня надійність транспортних засобів	0,5	97,7
27.0	Алкогольне, наркотичне, токсикологічне сп'яніння	0,5	98,2
09.0	Незадовільне функціонування, недосконалість або відсутність системи управління охороною праці	0,4	98,6
10.2	Допуск до роботи без навчання та перевірки знань з охорони праці	0,4	99
14.0	Відсутність або неякісне проведення медичного обстеження (профвідбору)	0,4	99,4
13.0	Порушення режиму праці та відпочинку	0,2	99,6
15.0	Невикористання засобів індивідуального захисту через незабезпеченість ними	0,2	99,8
26.0	Алкогольне, наркотичне, токсикологічне отруєння	0,2	100

Дані таблиці дозволили побудувати діаграму Парето, зображену на рисунку 2.7.

Діаграма Парето дає можливість провести *ABC*-аналіз, сутність якого полягає в розподілі досліджуваної ознаки на три групи за ступенем важливості. Група *A* характеризує найбільш важливі фактори (в законі Парето результат їх дії становить 80 %); чинники групи *B* займають проміжне положення; група *C* – найменш значущі чинники [140, 147].

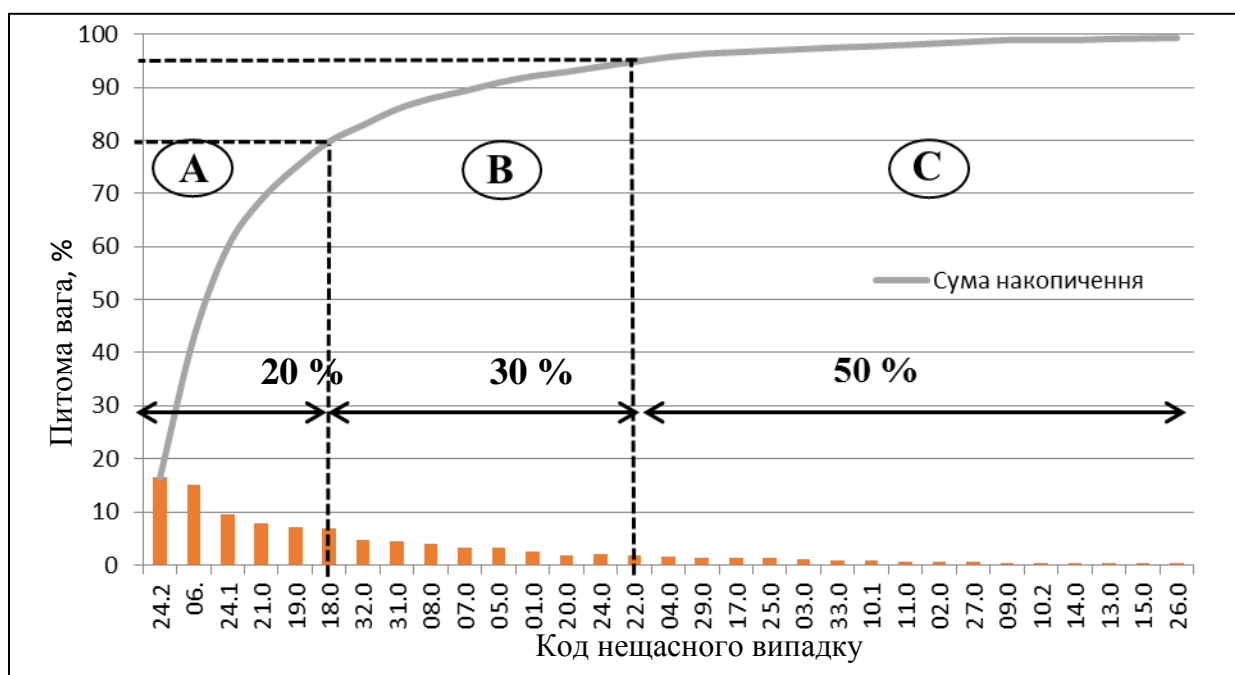


Рисунок 2.7 – Діаграма Парето статистичного розподілу потерпілих за причинами нещасних випадків на машинобудівних виробництвах України

Встановлено, що близько 80 % надзвичайних ситуацій на машинобудівних виробництвах України припадає, в середньому, на 20 % факторів (група *A*). На групу *B*, що включає 30 % факторів, припадає 15 % випадків травматизму. В групу *C* входять 50 % причин нещасних випадків, за якими щорічно, в середньому, відбувається 5 % надзвичайних ситуацій.

Діаграма Парето підтверджує гіпотезу 80/20. До 20 % відносяться такі причини виробничого травматизму: невиконання вимог інструкцій з охорони праці, незадовільний технічний стан, порушення правил дорожнього руху, порушення вимог безпеки під час експлуатації устаткування, машин, механізмів тощо, порушення технологічного процесу, особиста необережність потерпілого, травмування внаслідок протиправних дій інших осіб, незадовільний стан виробничого середовища, недосконалість, невідповідність вимогам безпеки технологічного процесу [140].

Для зниження ризику прийняття помилкового рішення щодо вибору заходів з охорони праці для машинобудівних виробництв необхідно визначити коефіцієнт конкордації.

Зазвичай коефіцієнт конкордації визначається при оцінці ступеня узгодженості думок експертів. У нашому випадку будемо визначати його зіставивши результати методу головних компонент і *ABC*-аналізу.

Для цього виберемо 12 найбільш значущих причини виробничого травматизму, які визначено методом головних компонент і *ABC*-аналізом.

Присвоємо номери, що характеризують їх роль у питанні оцінювання поточного стану травматизму на виробництві (більш важливим показникам приписуються перші номери).

Коефіцієнт конкордації визначається за формулою (2.1), де  $m$  – кількість методів;  $k$  – кількість показників.

За результатами розрахунків за формулою (2.1) отримано, що  $W = 0,92$ . Це свідчить про високу ступінь узгодженості методів.

## Висновки до розділу 2

1. Для більшості вітчизняних підприємств характерним є використання лише традиційних показників виробничого травматизму. В даному розділі розглянуто і нові показники, які дають змогу провести більш повний аналіз виробничого травматизму на машинобудівному виробництві.

2. Виконано аналіз формування факторів, складу індикаторів та показників виробничого травматизму, що дало можливість здійснити оцінювання рівня стану охорони праці на виробництві в галузі машинобудування, визначити причини їх формування.

3. Оцінка ефективності рівня виробничого травматизму залежить від якості статистичного аналізу емпіричної інформації. Важливим етапом проведення статистичного дослідження на інформаційній базі є критична оцінка початкових даних травматизму з точки зору їх достовірності.



4. Оцінювати вплив факторів на рівень виробничого травматизму за допомогою фахівців-експертів доцільно з використанням експертно-статистичної процедури шляхом ранжування в два етапи. Для попереднього аналізу застосовується власне експертно-статистичний відбір, а на другому – остаточний відбір та групування факторів виконується методом головних компонент.

5. Методом головних компонент сформовано узагальнюючі фактори, що дало змогу знизити розмірність інформативного поля та дозволило спростити характеристичні рівняння математичної моделі прогнозування травматизму на виробництві в галузі машинобудування.

6. Діаграма Парето підтверджує гіпотезу 80/20. До 20 % відносяться такі причини виробничого травматизму: невиконання вимог інструкцій з охорони праці, незадовільний технічний стан виробничих об'єктів, будинків, споруд, території, порушення правил дорожнього руху, порушення вимог безпеки під час експлуатації устаткування, машин, механізмів тощо, порушення технологічного процесу, особиста необережність потерпілого, травмування внаслідок протиправних дій інших осіб, незадовільний стан виробничого середовища, недосконалість, невідповідність вимогам безпеки технологічного процесу.

7. Для зниження ризику прийняття помилкового рішення щодо вибору заходів з охорони праці зіставлено результати методів головних компонент і ABC-аналізу. Запропоновано для їх порівняння визначити коефіцієнт конкордації. Це забезпечило точність науково-обґрунтованих рекомендацій щодо щорічного планування заходів на 92 %.

## РОЗДІЛ 3

### РЕЙТИНГОВЕ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ОХОРОНОЮ ПРАЦІ НА ВИРОБНИЦТВІ В ГАЛУЗІ МАШИНОБУДУВАННЯ

Вирішення наступного завдання щодо розроблення математичних моделей оцінювання рівня стану охорони праці на машинобудівному виробництві для встановлення відносної значущості досліджуваних об'єктів на основі їх упорядкування необхідно виконати ранжування машинобудівних виробництв.

Також необхідно розрахувати ризик виробничого травматизму для виробництв, які за результатами ранжування є «найкращими» та «найгіршими».

На основі отриманих результатів аналізу необхідно розробити заходи з охорони праці.

#### **3.1 Методичні завдання рейтингового оцінювання рівня ефективності управління охороною праці на машинобудівному виробництві**

##### **3.1.1 Поняття рейтингової оцінки та ранжування ефективності управління охороною праці на виробництві**

Для оцінювання рівня ефективності управління охороною праці на виробництві в галузі машинобудування одна із складових є здійснення дій щодо використання та впровадження точного оцінювання рівня стану виробничого травматизму. Для цього необхідно застосовувати механізм оцінювання, який дозволить здійснювати аналіз показників, що мають різний вплив на ефективність управління охороною праці на виробництві, тобто різнопараметричні показники. Для аналізу стану охорони праці на машинобудівних виробництвах це є важливою складовою всього процесу [149, 150].

Однак, під час вирішення практичних задач оцінювання рівня ефективності управління охороною праці на виробництві часто виникає ситуація, коли не можливо знайти значення деяких показників, за якими проводиться оцінювання,

із-за приховування даних керівництвом. У цьому випадку вирішення поставленої задачі потребує використання таких процедур, які б дозволили здійснити таке оцінювання [149].

До процедур, що дозволяють вирішити задачу узагальнення різномірних показників, що мають вплив на рівень виробничого травматизму, можна віднести ранжування. Ранжування – це упорядкування властивостей будь-яких якісних об'єктів, виробництв, під час якого їм надають певні числові форми [151].

Рейтинг машинобудівних виробництв є результатом ранжування, що дає змогу провести оцінку рівня ефективності управління охороною праці на машинобудівному виробництві.

Ранжування застосовується в випадках, які представлені на рис. 3.1 [150].

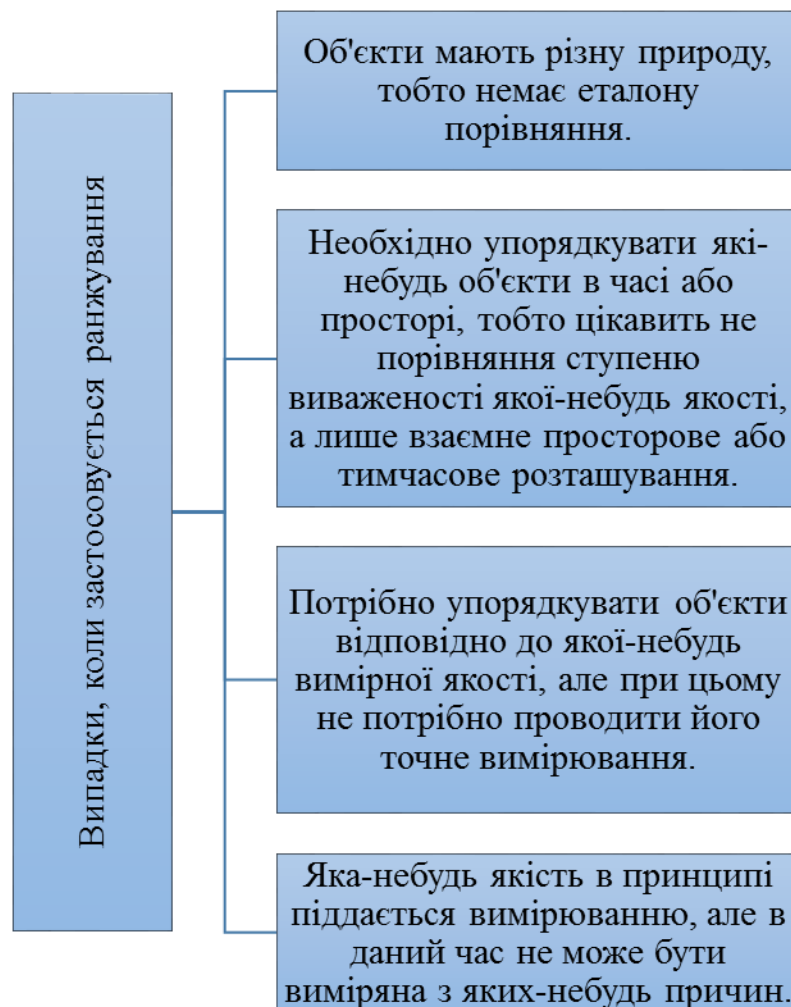


Рисунок 3.1 – Випадки застосування ранжування

Завданнями ранжування є створення системи збору та обробки інформації для прийняття управлінських рішень на різних рівнях аналізу в галузі охорони праці. Це необхідно для розробки та підтримки системи внутрішнього обліку інформації на кожному машинобудівному виробництві [152].

Рейтинг є оцінкою діяльності даних об'єктів на основі розробленої системи індикаторів – показників, що дозволяють здійснити оцінювання рівня ефективності управління охороною праці, провести їх класифікацію.

Ранжування дозволяє вибрати з досліджуваної сукупності явищ найбільш істотне.

Теорія рейтингів є розділом теорії класифікації, яка вивчає методи вимірювання порівняльних переваг одних об'єктів над іншими. Рейтинг (від лат. *rating*) – оцінка віднесення до класу, розряду, категорії [149, 152].

Ідея рейтингу, тобто упорядкування від першого до останнього у списку, належить французькому математику Кондорсе (*Condorcet*), на основі якої він намагався побудувати теорію справедливих виборів – рейтингу політиків, програм, партій. Його наукові праці лягли в основу сучасної математичної теорії рейтингу [149, 152, 153].

Рейтинги є тільки одним з варіантів діагностики стану рівня ефективності управління охороною праці на виробництві у галузі машинобудування – комплексною складовою аналізу. Якщо методики рейтингів відкриті, включають в себе повний опис схеми та математичні процедури, відкриті показники, на основі яких побудований рейтинг, то у випадку комплексного багатокритеріального аналізу рівня ефективності управління охороною праці на виробництві в галузі машинобудування він є корисним.

Рейтинг має широке застосування в різних сферах діяльності. Як визначено М. Ковалевою, рейтинг має два значення [154]. У відповідності з першим значенням, рейтинг – це оцінювання, клас, розряд. Друга назва – індивідуальний числовий показник оцінювання популярності особи, організації, групи. Виводиться на основі підсумків голосування, соціологічних опитувань чи анкет. Також, рейтинг – сукупність об'єктів або явищ, які упорядковані за числовим або

порядковим показником, що відображає важливість, значимість, поширеність, популярність та інші подібні якості цього об'єкта або явища, а також методика цього впорядкування [155].

Розкриваючи сутність поняття “рейтинг” неможливо обмежитися прямим перекладом значення даного слова, необхідно детальніше вивчити існуючі напрями використання та методи оцінювання рейтингу. Доцільним є необхідність чітко відокремлювати “рейтинг” і “ранжування”. Ранжування – це розташування об'єктів у порядку зростання чи зменшення за будь-якою заданою ознакою. Рейтинг – це комплексний інтегральний показник, який включає найважливішу для користувача інформацією – параметри оцінювання об'єктів або явищ.

Методологія рейтингу найчастіше використовується засобами масової інформації [153, 156], в політиці [157], в освіті [158, 151] тощо.

Все частіше можна зустріти рейтинги організацій, які відібрані за заданою ознакою (великі промислові підприємства [160], банківські установи [161] тощо), визначення фінансової стійкості компанії, де в якості показників для аналізу розглядалися фінансово-економічні показники діяльності тощо.

Рейтингова оцінка в сфері економіки достатньо поширена, особливо в зарубіжній практиці. Широко використовується ранжування акціонерних компаній у зв'язку з функціонуванням фондового ринку і визначення одного з найважливіших елементів цього ринку – фондових індексів [149, 161]. Аналіз діяльності підприємств різного роду зайнятості за допомогою ранжування зустрічався у працях [162-164].

До рейтингової оцінки відноситься порівняння показників очікуваного і фактичного виконання планів, перевірка допустимості початкових передумов і контроль методичної і змістовної узгодженості планового процесу. Вона включає комплекс заходів щодо аналізу вірогідних відхилень від запланованих показників. Порівняння і аналіз стимулюють нові процеси ухвалення рішень, які у свою чергу ініціюють проведення корегувальних заходів та дій.

Загальна направленість рейтингової оцінки – це експрес-діагностика (швидкі методи оцінювання). Рейтингова оцінка дозволяє певні похибки (не більше 5 %) в оцінці діяльності об'єкту.

Базу для рейтингової оцінки складають сформовані показники, що відображають рівень ефективності управління охороною праці на машинобудівних виробництвах. Рейтинговий аналіз не дає змоги безпомилкового доказу абсолютної надійності, скоріше він сприяє мінімізації негативних наслідків у галузі охорони праці та поглибленого аналізу впливу показників на рівень виробничого травматизму.

Процедура ранжування полягає в тому, що експерт повинен розташувати причини виробничого травматизму у галузі машинобудування в порядку, який представляється йому найбільш раціональним, і приписати кожному з них числа натурального ряду – ранги. Під рангом розуміється показник, який характеризує порядкове місце оцінюваного об'єкта дослідження в групі об'єктів, що мають необхідні для оцінювання властивості. При цьому ранг 1 отримує найбільш переважна альтернатива, а ранг  $N$  – найменш переважна. В результаті ранжування отримуємо порядкову шкалу, яка повинна задовольняти умові рівності числа рангів ( $N$ ) числу об'єктів, що піддаються ранжуванню ( $n$ ). Якщо декільком показникам привласнюється однаковий ранг, то число рангів не є рівним числу показників. У таких випадках приписуються стандартизовані ранги.

Рейтингова оцінка виступає в якості інструментарію для управлінських дій в галузі охорони праці та оцінювання рівня виробничого травматизму. В цьому випадку вона потребує структурованого підходу до її визначення та застосування [149, 152].

### **3.1.2 Інструмент управлінських рішень та системного контролю рівня ефективності управління охороною праці на машинобудівних виробництвах**

Процес прийняття управлінських рішень з охорони праці потребує комплексного підходу та обґрунтованого аналізу. Результат формалізованих

аналітичних процедур не повинен бути єдиним критерієм для прийняття того чи іншого управлінського рішення щодо рівня ефективності управління охороною праці та стану виробничого травматизму. Результати аналізу – “матеріальна основа” управлінських рішень, прийняття яких повинно бути засноване на системному підході [152].

Рейтингова система контролю виступає елементом управління, інструментом системи охорони праці, метою якої є аналіз рівня виробничого травматизму.

Визначимо основні вимоги, яким повинна відповідати рейтингова система контролю для повного та адекватного оцінювання рівня ефективності управління охороною праці та стану виробничого травматизму у галузі машинобудування.

Система рейтингової оцінки робить можливим управління через узгоджене планування, постановку контролю над рівнем виробничого травматизму. Відслідковування відхилень від поставлених цілей та стратегічних завдань у галузі охорони праці дозволяє підвищити ефективність процесу управління рівнем виробничого травматизму і, таким чином, поліпшити результати діяльності машинобудівних виробництв у галузі охорони праці та травматизму в цілому.

Контроль за допомогою рейтингової оцінки здійснюється у відповідності з загальними принципами, які характерні для будь-якої системи контролю: використання всіх етапів контролю, зв'язок із стратегією, балансом об'єктивних та суб'єктивних даних, гнучкістю, точністю, своєчасністю, орієнтацією на результати, економічністю, відповідністю справі, простотою тощо [152, 165, 166].

Представляється можливим виділити наступні особливості системного контролю за допомогою рейтингової оцінки, як функції управління виробничим травматизмом у галузі машинобудування з точки зору ефективності охорони праці (рис. 3.2).

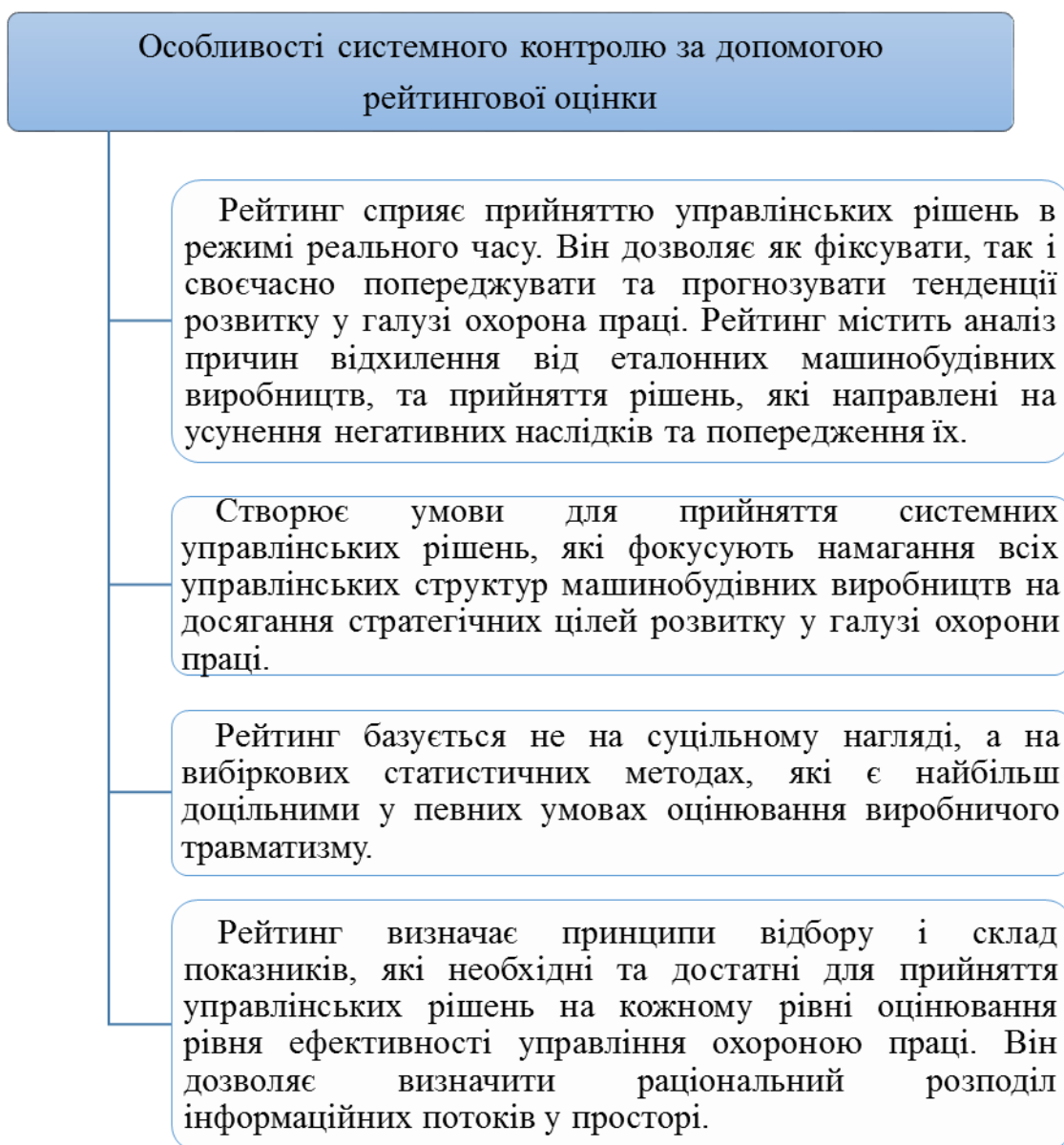


Рисунок 3.2 – Особливості системного контролю за допомогою рейтингової оцінки

Аналізуючи вище сказане, можна стверджувати, що рейтингова оцінка направлена на удосконалення управління, підвищення його компетентності, системності, інформативності та є методом системного контролю у галузі охорони праці.

Процес оцінювання рівня виробничого травматизму в галузі машинобудування за допомогою рейтингу передбачає декілька етапів.

На першому етапі відбувається визначення параметрів функціонування і розвитку машинобудівних виробництв, за якими буде здійснюватися в



подальшому контроль у галузі охорони праці. Ці параметри включають в себе стандарти і нормативи.

До нормативів пред'являють наступні вимоги: наукову обґрунтованість, гнучкість, тобто здатність змінюватися відповідно до нових умов, надійність, здійснимість в нормальній ситуації, адекватне віддзеркалення реальних процесів у галузі охорони праці. У разі дотримання цих вимог нормативи можуть бути критеріями, показниками оцінки рівня виробничого травматизму.

На другому етапі відбувається отримання інформації про реально досягнуті результати і зіставлення її з відповідними нормативами, планами, якщо такі сформовані, що дозволяє визначити, чи є відхилення від стандартів, чи знаходяться вони в допустимих межах і чи є необхідність та можливість у здійсненні корегуючих дій у питаннях виробничого травматизму.

На третьому етапі процесу контролю ухвалюються відповідні управлінські рішення: корегується діяльність виробництв, переглядаються плани з питань охорони праці, удосконалюються технології управління рівнем виробничого травматизму в цілому.

Корегуючими заходами можуть бути усунення причин, що породжують відхилення від запланованих дій у галузі охорони праці. Використовують різноманітні організаційні корегуючі дії робочих процесів у галузі охорони праці тощо.

Розглянемо формулювання концептуальних підходів до питання створення системи рейтингового оцінювання рівня ефективності управління охороною праці на машинобудівних виробництвах.

### **3.2 Особливості формування рейтингової оцінки рівня виробничого травматизму в машинобудуванні**

Під час формування принципів побудови рейтингу оцінювання рівня виробничого травматизму в машинобудуванні необхідно враховувати такі його основні характеристики, як комплексність та порівнянність. При цьому під

комплексною оцінкою рівня виробничого травматизму розуміється характеристика, отримана в результаті одночасного і узгодженого вивчення сукупності показників, що відображають усі (або більшість) важливі аспекти ефективності управління охороною праці.

Необхідно виділити основні концептуальні складові оцінювання травматизму з використанням рейтингу та визначити його можливості відносно аналізу стану виробничого травматизму в галузі машинобудування [149, 153]. На рис. 3.3 показано вимоги до використання рейтингу.



Рисунок 3.3 – Вимоги до використання рейтингу

На рис. 3.4 показано список проблем, які погіршують розширення напрямків використання рейтингів.

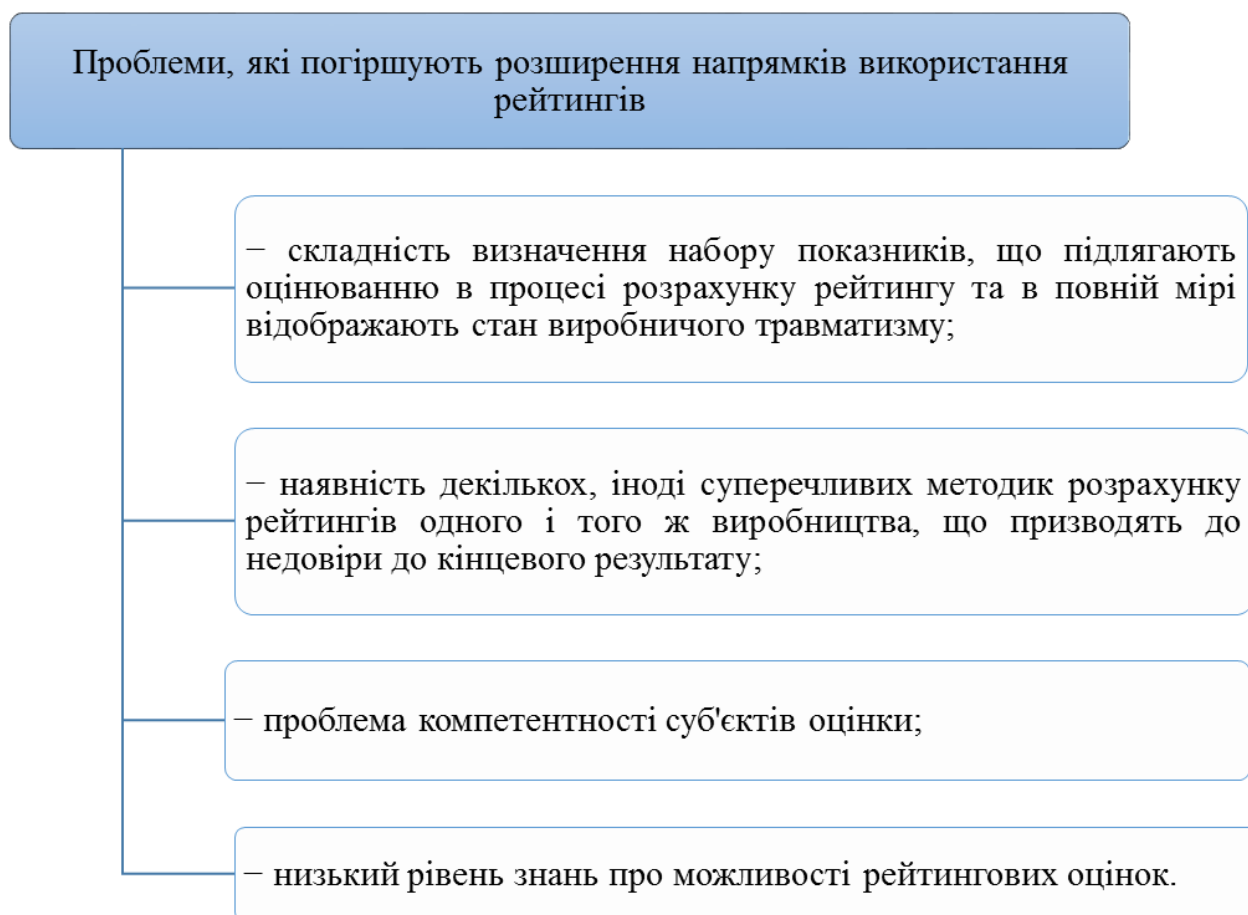


Рисунок 3.4 – Проблеми, які погіршують розширення напрямків використання рейтингів

Таким чином, рейтинг є інструментом, використання якого дозволяє отримувати інформацію відносно травматизму на виробництві порівняно з іншими машинобудівними виробництвами, стимулювати керівництво для здійснення дій з поліпшення стану справ у галузі охорони праці, здійснювати взаємодію між різними суб'єктами відносин і контролювати процес досягнення мети – підвищення рівня ефективності управління охороною праці на виробництві в галузі машинобудування.

Узагальнення переваг використання рейтингових оцінок в діяльності об'єктів виявило ряд проблем, одна з яких є низький рівень знання суб'єктів оцінювання можливостей рейтингових оцінок у галузі охорони праці. Дослідження в дисертаційній роботі показують напрями використання рейтингових оцінок для

підвищення рівня ефективності управління охороною праці на машинобудівному виробництві.

### **3.3 Правила оцінювання рівня виробничого травматизму в галузі машинобудування**

Ранжування соціально-економічних об'єктів будь-якої природи – складна проблема теорії прийняття рішень і теорії колективного вибору. Дослідженню даної проблеми присвячена велика кількість літератури [167]. Зупинимось на окремих найбільш повних правилах ранжування. Такі правила застосовуються під час оцінки рейтингів наукових проектів [168], тендерів [169], держав [157] тощо.

#### **3.3.1 Метод математичного моделювання процесу оцінювання рівня ефективності управління охороною праці**

Запропоновано у процесі обробки й аналізу інформації стану рівня виробничого травматизму на машинобудівних виробництвах застосувати правила ранжування. Для кожного виробництва вираховуємо суму рангів, потім впорядковуємо цю суму. Ранг один дають виробництву, яке отримало найменшу суму, найвищий ранг — виробництву з найвищою сумою. Сформулюємо математичну постановку задачі ранжування [170].

Нехай досліджувана система складається зі скінченної множини  $\Pi_0$  виробництв  $\Pi_i$ ,  $\Pi_0 = \{\Pi_i | i = \overline{1, m}\}$  [152, 170]. Зі сформованої групи показників  $E_0$  для ранжування використовують найважливіші показники  $E_k$ ,  $E_0 = \{E_k | k = \overline{1, l}\}$ . Кожний показник  $E_k \in E_0$  піддається аналізу по відношенню до всіх виробництв.

#### **3.3.2 Використання правила Борда для оцінювання рівня ефективності управління охороною праці на машинобудівному виробництві**

Популярний в теорії ранжування є правило французького математика Борда.

Впорядкування, отримане цим методом, узагальнює думки всіх експертів, враховуючи думку більшості [170].

Модель ранжування виробництв за допомогою правила Борда має наступну структуру. По кожному  $j$ -му показнику  $i$ -го машинобудівного виробництва  $x_{ij}$  упорядковуємо всі виробництва від кращого до гіршого з точки зору ефективності управління охороною праці. За останнє місце  $i$  виробництво отримує 0 балів, один бал за передостаннє і так далі, за перше місце  $i$  виробництво отримує  $i-1$  бал. Згодом підраховуються бали, які отримані по кожному показнику. В загальному рейтингу на перше місце ставиться  $i$  виробництво з найбільшою сумою балів і т. ін. [170].

Алгоритм правила Борда [154] включає в себе наступну послідовність дій.

На початку формуємо матрицю спостережень. Вихідна множина складається з  $m$  елементів, що описані  $n$  ознаками; кожен її одиницю можна інтерпретувати як точку  $n$ -мірного простору з координатами, що дорівнюють значенням  $n$  ознак для виробництва, яке розглядається.

Ранжування здійснюється в три етапи.

Перший етап: ранжування машинобудівних виробництв за причинами нещасних випадків. Тобто, за одним із показників стану охорони праці, який встановлює взаємозв'язки між кількістю нещасних випадків і причинами, яких їх зумовили. Це дає можливість загально оцінити кожен із 44 об'єктів, що досліджується.

Змінні керування та кількість працівників на кожному з досліджуваних виробництвах наведено у додатку Б таблиця Б.3.1, а фрагмент представлено в табл. 3.1.

Вихідні дані отримані від ННДПБОП за 2012-2015 роки звітного періоду наведено у додатку Б таблиця Б.3.2, Б.3.3, а фрагмент вихідних даних представлено в табл. 3.2.

Таблиця 3.1 – Фрагмент таблиці змінних керування та кількість працівників на досліджуваних виробництвах

№ п/п	Змінні керування	Назва виробництва в галузі машинобудування	Кіл-сть працівників
1	Y1	ВАТ "Турбоатом"	4773
2	Y2	Волочиський машинобудівний завод ПАТ "Мотор Січ"	27 053
3	Y3	ГП "Петровский завод угольного машиностроения"	316
...	...	...	...
42	Y42	ТОВ "Південний завод гідравлических машин"	567
43	Y43	ТОВ "Ясинуватський машинобудівний завод"	1500
44	Y44	ТОВ НВП "Білоцерківмаз"	850

Таблиця 3.2 – Фрагмент таблиці кількості травмованих на 44 машинобудівних підприємствах по кожній причині виробничого травматизму

		Машинобудівні виробництва									
		Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	...	Y42	Y43	Y44
Причини виробничого травматизму	24.2	1	0	0	0	0	1	...	0	0	0
	06.1	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
	06.2	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
	06.3	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
	24.1	1	0	0	0	0	1	...	0	0	0
	21.0	0	0	0	1	0	0	...	0	0	0
	19.0	1	0	0	0	0	0	...	0	0	0
	18.0	0	1	0	0	0	0	...	0	0	0
	07.0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
	05.0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
	01.0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
	24.0	0	0	0	0	1	0	...	0	0	0
	22.0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
	29.0	1	0	1	2	3	0	...	1	1	1
	17.0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
	25.0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
	33.0	0	0	0	1	0	0	...	0	0	0
	11.0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
	27.0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
	09.0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
	10.2	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0

Другий етап: ранжування виробництв, враховуючи найсуттєвіші показники ефективності СУОП ( $k_{\text{вт}}$  – виробничого травматизму,  $k_{\text{нво}}$  – небезпечності виробничого обладнання,  $k_{\text{уп}}$  – умов праці,  $k_{\text{тп}}$  – небезпечності технологічних процесів,  $k_{\text{зиз}}$  – забезпечення засобами індивідуального захисту). Це дає можливість більш точно і комплексно оцінити ефективність функціонування СУОП на кожному виробництві. Але існує великий бар'єр – приховання фактів і даних для знаходження показників.

На другому етапі інформація для вихідних даних застосовувалася, враховуючи звіти ННДПБОП, Державної служби України з питань праці, Державної служби статистики України.

На третьому етапі сумуються значення коефіцієнтів Борда та зводиться загальний рейтинг.

Матриця спостережень для першого етапу має наступний вигляд:

$$X_1 = \begin{pmatrix} x_{11} & \dots & x_{1m} \\ \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & \dots & x_{nm} \\ k_{11} & \dots & k_{1m} \\ k_{21} & \dots & k_{2m} \end{pmatrix} \quad (3.1)$$

де  $m$  – кількість виробництв;

$n$  – кількість показників для оцінювання;

$x_{ik}$  – значення показника  $k$  для  $i$  виробництва.

В якості критеріїв для ранжування використовуємо дані, які розглядалися у таблиці 3.2.

Введемо ранг виробництва залежно від кількості:  $k_1$  –травмованих;  $k_2$  – працюючих на ньому.

Присвоюємо

$$k_{1i} = \begin{cases} k_{1-i}, & \text{якщо } T_i = T_{i-1} \\ k_{1-i} + 1, & \text{якщо } T_i < T_{i-1}. \end{cases} \quad (3.2)$$

Найнижчий ранг  $k_1 = 0$  у виробництва, на якому найбільша кількість випадків виробничого травматизму, найвищий ранг — виробництву з найменшим значенням.

Найнижчий ранг  $k_2 = 0$  у виробництва, на якому найменша кількість працівників, найвищий ранг — виробництву з найбільшою кількістю працівників.

Враховуючи, що певні причини травматизму по всіх об'єктах, що підлягають аналізу відсутні, то в наступних розрахунках ними можна знехтувати [170].

Рангова класифікація вихідних даних наведена у додатку В таблиця В.3.1, В.3.2, а фрагмент у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Фрагмент таблиці рангової класифікації вихідних даних для першого етапу ранжування підприємств

		Машинобудівні виробництва									
		Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	...	Y42	Y43	Y44
Причини виробничого травматизму	24.2	2	3	3	3	3	2	...	3	3	3
	06.1	1	1	1	1	1	1	...	1	1	1
	06.2	1	1	1	1	1	1	...	1	1	1
	06.3	1	1	1	1	1	1	...	1	1	1
	24.1	2	3	3	3	3	2	...	3	3	3
	21.0	1	1	1	0	1	1	...	1	1	1
	19.0	0	1	1	1	1	1	...	1	1	1
	18.0	1	0	1	1	1	1	...	1	1	1
	07.0	1	1	1	1	1	1	...	1	1	1
	05.0	1	1	1	1	1	1	...	1	1	1
	01.0	1	1	1	1	1	1	...	1	1	1
	24.0	1	1	1	1	0	1	...	1	1	1
	22.0	1	1	1	1	1	1	...	1	1	1
	29.0	2	3	2	1	0	3	...	2	2	2
	17.0	1	1	1	1	1	1	...	1	1	1
	25.0	1	1	1	1	1	1	...	1	1	1
	33.0	1	1	1	0	1	1	...	1	1	1
	11.0	1	1	1	1	1	1	...	1	1	1
	27.0	1	1	1	1	1	1	...	1	1	1
	09.0	2	2	2	2	2	2	...	2	2	2
	10.2	1	1	1	1	1	1	...	1	1	1
	K1	3	6	6	3	3	5	...	6	6	6
	K2	31	42	2	37	33	39	...	6	17	13



Матриця спостережень для другого етапу має наступний вигляд:

$$X_2 = \begin{bmatrix} x_{11} & \dots & x_{1i} \\ \dots & \dots & \dots \\ x_{j1} & \dots & x_{ji} \end{bmatrix} \quad (3.3)$$

де  $x_{ji}$  –  $j$ -й показник  $i$ -го машинобудівного виробництва.

Ці показники були сформовані, враховуючи основні складові організаційно-технічного спрямування, які в повному обсязі відображають стан охорони праці та рівень виробничого травматизму в галузі машинобудування в цілому.

Значення кожного показника для 44 виробництв представлено у додатку В таблиця В.3.3, В.3.4, а фрагмент у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Фрагмент таблиці значень показників СУОП для 44 машинобудівних виробництв

		Машинобудівні виробництва									
		Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	...	Y42	Y43	Y44
Показники СУОП	квт	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
	кнво	0	0	0	0	0	0	...	0	0.3	0.3
	куп	0	0	0	0	0	0	...	0.1	0.2	0.2
	ктп	0	0	0	0	0	0	...	0	0.1	0.1
	кзіз	0	0	0.3	0	0	0	...	0	0.2	0.1

Рангова класифікація вихідних даних для другого етапу наведена у додатку В таблиця В.3.5, В.3.6, а фрагмент у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Фрагмент таблиці рангової класифікації вихідних даних для другого етапу ранжування 44 машинобудівних виробництв

		Машинобудівні виробництва									
		Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	...	Y42	Y43	Y44
Показники СУОП	квт	16	42	4	31	20	39	...	9	21	15
	кнво	4	4	4	4	4	4	...	4	1	1
	куп	2	2	2	2	2	2	...	1	0	0
	ктп	4	4	4	4	4	4	...	4	2	2
	кзіз	4	4	1	4	4	4	...	4	2	3

Кожне виробництво оцінюємо з використанням коефіцієнта Борда [142, 170]. Для кожного показника виробничого травматизму коефіцієнт Борда визначаємо за формулою:

$$B(\Pi_i) = \left| \left\{ \Pi_k : \Pi_i \succ \Pi_k, \Pi_k \in \{ \Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_m \} \right\} \right|, \quad (3.4)$$

тобто, для кожного  $j$ -го показника домінант  $\Pi_i$  по кількості  $\Pi$ . З коефіцієнтів, які визначаємо по кожному показнику, розраховуємо результуючий коефіцієнт  $B(\Pi_i)$  для кожного  $\Pi_i$ :

$$B(\Pi_i) = \sum_{j=1}^n \rho_j B_j(\Pi_i), i = \overline{1, m}, \quad (3.5)$$

де  $\rho_j$  – ступінь важливості критеріїв, який визначається нормалізованими значеннями, тобто:

$$\sum_{j=1}^n \rho_j = 1, \rho_j \geq 0, j = \overline{1, n}. \quad (3.6)$$

На діаграмі Парето ступінь важливості критеріїв наведено у відсотках.

$$\rho_j = \frac{NT_{rj}}{NP_{ri}}, \quad (3.7)$$

де  $NT_{rj}$  – кількість травмованих по  $j$ -му показнику;

$NP_{ri}$  – загальна кількість працівників на  $i$ -му машинобудівному виробництві.

Фрагмент таблиці значень проміжних коефіцієнтів Борда наведено у табл. 3.6, 3.7. для першого (Додаток В табл. В.3.7, В.3.8) і другого (Додаток В табл. В.3.9, В.3.10) етапу відповідно.

Таблиця 3.6 – Фрагмент таблиці значень проміжних коефіцієнтів Борда на першому етапі

Причини виробничого травматизму	$Y1$	$Y2$	$Y3$	$Y4$	$Y5$	$Y6$	...	$Y40$	$Y41$	$Y42$	$Y43$	$Y44$
24.2	3	14	14	14	14	3	...	14	14	14	14	14
06.1	2	2	2	2	2	2	...	2	0	2	2	2
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
29.0	2	21	2	1	0	21	...	2	21	2	2	2
17.0	1	1	1	1	1	1	...	1	1	1	1	1
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
$K_1$	5	17	17	5	5	13	...	17	5	17	17	17
$K_2$	31	42	2	37	33	39	...	17	5	17	17	17

За допомогою коефіцієнта Борда  $B(\Pi_i)$  машинобудівні виробництва впорядковують за ступенем переваги.

Якщо розглядати питання визначення найкращого виробництва  $\Pi^*$  (табл. 3.8), то його вибираємо, виходячи з умови:

$$B(\Pi^*) = \max_i B(\Pi_i). \quad (3.8)$$

Таблиця 3.7 – Фрагмент таблиці значень проміжних коефіцієнтів Борда на другому етапі

Показники ефективності функціонування СУОП	$Y1$	$Y2$	$Y3$	$Y4$	$Y5$	$Y6$	...	$Y40$	$Y41$	$Y42$	$Y43$	$Y44$
$k_{\text{вТ}}$	16	42	4	31	20	39	...	30	0	9	21	15
$k_{\text{нво}}$	15	15	15	15	15	15	...	15	11	15	1	1
$k_{\text{уп}}$	14	4	14	14	14	14	...	14	0	9	0	0
$k_{\text{тП}}$	11	11	11	11	11	11		11	2	11	2	2
$K_{\text{зіз}}$	16	16	1	16	16	16	...	16	6	16	6	11

Повну таблицю результуючих коефіцієнтів Борда ранжування виробництв на кожному етапі наведено у Додатку В табл. В.3.11.

Таблиця 3.8 – Фрагмент таблиці значень результуючих коефіцієнтів Борда на третьому етапі

Машинобудівне виробництво	Ранжування виробництв (коефіцієнти Борда)
Y1	152
Y2	236
Y3	128
Y4	182
...	...
Y43	128
Y44	123

Результуючі значення ранжування правилом Борда для визначення кращих та гірших з них, для кожної групи, наведено в табл. 3.9, графічне представлення результатів – на рисунку 3.5.

Таблиця 3.9 – Результуючі значення ранжування правилом Борда

№ п/п	Розподіл за рівнем ефективності охорони праці виробництв у галузі машинобудування
1	Волочиський машинобудівний завод ПАТ "Мотор Січ"
2	ПАТ "Крюківський вагонобудівний завод"
3	ПрАТ «АвтоКрАЗ»
⋮	...
42	ПАТ «Свеський насосний завод»
43	ПАТ "Харківський тракторний завод ім. С. Орджонікідзе"
44	ПАТ "Роменський завод "Тракторозапчастина"

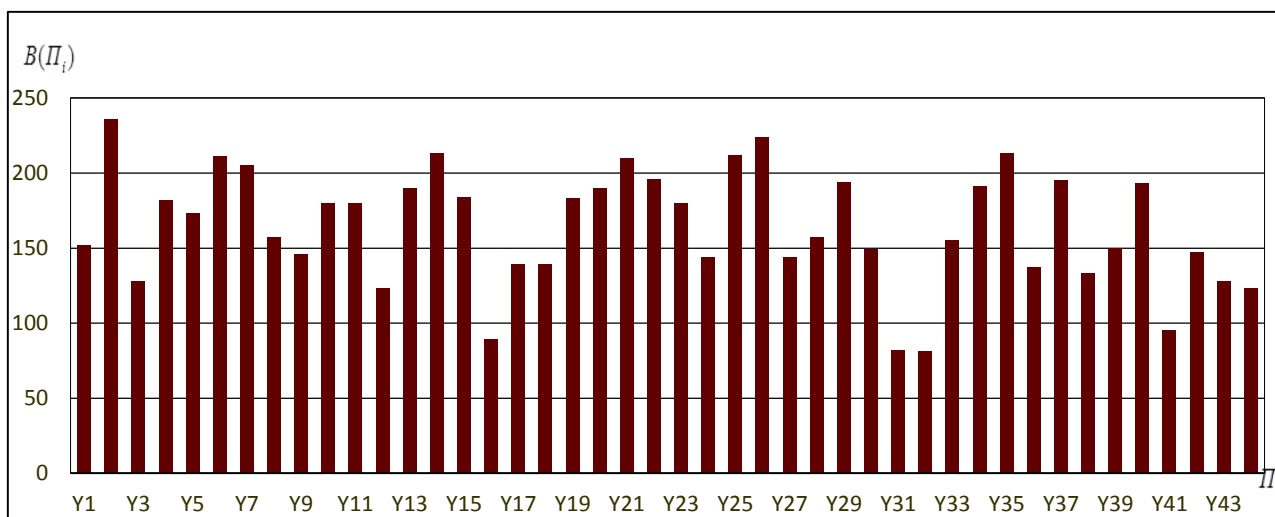


Рисунок 3.5 – Графічне представлення ранжування за правилом Борда

### 3.3.3 Модель ранжування за допомогою правила Копленда

Ранжування за допомогою цього правила має наступну структуру виконання. Машинобудівному виробництву ставимо +1, якщо більшість вважає його краще будь-якого іншого, -1, якщо гірше, і 0 – при однакових виробництвах. Сумуємо всі оцінки для кожного з виробництв. Отриманий таким чином рейтинг виробництва дорівнює різниці між числом виробництв, які краще даного та числом виробництв, які гірше даного по значенню показників. Виробництва упорядковуються в порядку зменшення показника рейтингу.

Алгоритм правила Копленда [74], згідно якого проводився розрахунок включає в себе наступну послідовність дій. На початку формуємо матрицю спостережень (3.1), аналогічно правилу ранжування Борда (Додаток В таблиця В.3.2, В.3.5, В.3.6). Для значень, які включені в матрицю спостережень, виконуємо нормування ознак за вхідними параметрами.

Значення переважання попарним порівнянням за всіма критеріями наведено у додатку В табл. В.3.12, В.3.13. Фрагмент даних таблиць наведено у табл. 3.10, 3.11.

Для кожного  $\Pi_i$  розраховуємо коефіцієнт Копленда за формулою:

$$Coop(\Pi_i) = |U(\Pi_i)| - |L(\Pi_i)|, i = \overline{1, m}. \quad (3.9)$$

Ранжування здійснюється також в три етапи, аналогічно правилу Борда.

Перший етап: ранжування машинобудівних виробництв за причинами нещасних випадків. Другий етап: ранжування виробництв, враховуючи найсуттєвіші показники ефективності СУОП. На третьому етапі сумуються значення коефіцієнтів Копленда та зводиться загальний рейтинг.

Таблиця 3.10 – Фрагмент таблиці на першому етапі переважання попарним порівнянням за всіма критеріями

Машинобудівне виробництво	Y1	Y2	Y3	...	Y42	Y43	Y44
Y1	×	22	22	...	22	22	22
Y2	17	×	21	...	21	21	21
Y3	19	22	×	...	23	23	23
...	...	...	...	...	...	...	...
Y42	19	22	22	...	×	23	23
Y43	19	22	22	...	22	×	22
Y44	19	22	22	...	22	23	×

Таблиця 3.11 – Фрагмент таблиці на другому етапі переважання попарним порівнянням за всіма критеріями

Машинобудівне виробництво	Y1	Y2	Y3	...	Y42	Y43	Y44
Y1	×	5	3	...	3	1	0
Y2	4	×	3	...	3	0	0
Y3	5	5	×	...	4	2	2
...	...	...	...	...	...	...	...
Y42	5	5	3	...	×	1	1
Y43	4	5	3	...	4	×	4
Y44	5	5	3	...	4	4	×

Отримані значення зводимо до Додатку В табл. В. 3.14. Фрагмент таблиці результатів розрахунку коефіцієнта Копленда та ранжування машинобудівних виробництв наведено у таблиці 3.12 для кожного етапу.

Таблиця 3.12 – Фрагмент таблиці результатів розрахунку коефіцієнтів Копленда на кожному етапі ранжування виробництв

Машинобудівне виробництво	Ранжування виробництв (коефіцієнти Копленда) на:						
	першому етапі			другому етапі			третьому етапі
	L	U	Ранг	L	U	Ранг	Загальний ранг
Y1	6	37	-31	21	21	0	-31
Y2	43	0	43	43	0	43	86
Y3	18	24	-6	11	28	-17	-23
...	...	...	...	...	...	...	...
Y42	21	21	0	16	25	-9	-9
Y43	29	13	16	2	38	-36	-20
Y44	27	15	12	2	37	-35	-23

$\Pi^*$  розглядаємо за цим коефіцієнтом. Краще  $\Pi^*$  обираємо з умови:

$$Coop(\Pi^*) = \max_i Coop(\Pi_i). \quad (3.10)$$

З табл. 3.12, аналізуючи отриману інформацію ранжування машинобудівних виробництв за рівнем виробничого травматизму, робимо висновок про найкращі виробництва, та зводимо результати до таблиці 3.13, графічне представлення результатів – на рисунку 3.6.

Таблиця 3.13 – Результуючі значення за правилом Копленда

№ п/п	Розподіл за рівнем ефективності управління охорони праці виробництв у галузі машинобудування за правилом Копеланда
1	Волочиський машинобудівний завод ПАТ "Мотор Січ"
2	ПАТ "Крюківський вагонобудівний завод"
3	Публічне акцонерне твариство "АвтоКрАЗ"
⋮	⋮
42	ПАТ "Роменський завод "Тракторозапчастина"
43	ПАТ "Свеський насосний завод"
44	ПАО "Новокраматорский машиностроительный завод"

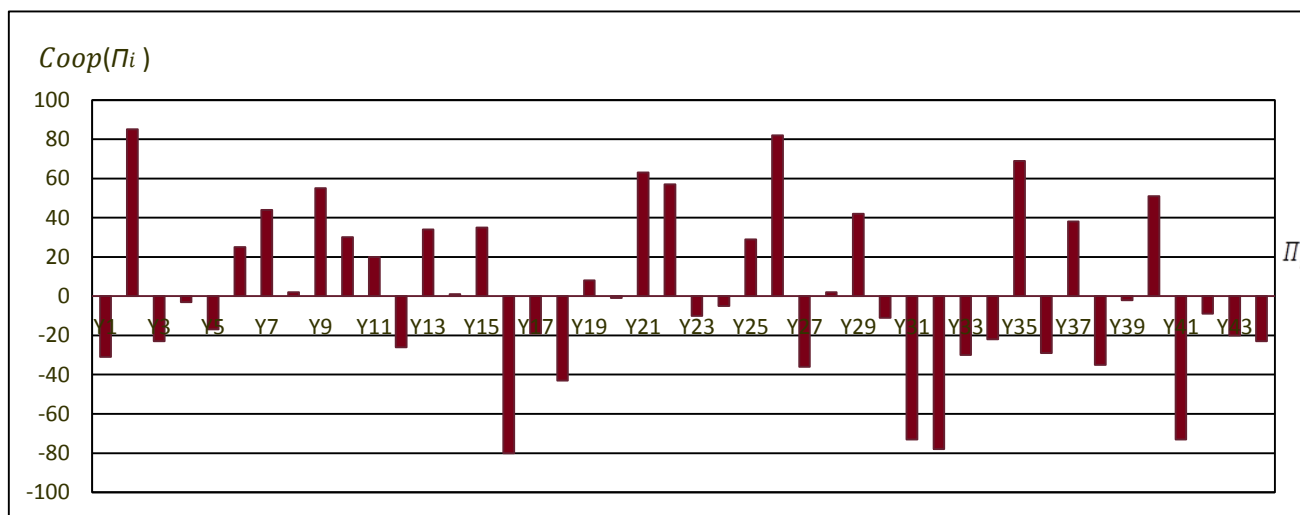


Рисунок 3.6 – Графічне представлення ранжування правилом Копленда

### 3.3.4 Порівняльний аналіз результатів ранжування за правилами Борда та Копленда ефективності управління охороною праці на машинобудівному виробництві

Порівняння значень, отриманих за допомогою ранжування за двома правилами з метою визначення поточного стану рівня виробничого травматизму, наведено в табл. 3.14.

Згідно з отриманими результатами робимо висновок про те, що ранжування за правилами Борда та Копленда дає незначну різницю в отриманих значення, що свідчить про стабільність правил ранжування та достовірність отриманих результатів.

Провівши аналіз з використанням правил ранжування, можна зробити висновки про те, що використання цих правил з метою оцінювання рівня виробничого травматизму в галузі машинобудування є простими для алгоритмізації. Рівень адекватності отриманих розрахунків за цими правилами залежить від наявних обсягів початкових даних.



Таблиця 3.14 – Порівняння результуючих значень за двома правилами ранжування

№ п/п	Розподіл за рівнем ефективності охорони праці виробництв у галузі машинобудування	
	Правило Борда	Правило Копленда
1	Волочиський машинобудівний завод ПАТ "Мотор Січ"	Волочиський машинобудівний завод ПАТ "Мотор Січ"
2	ПАТ "Крюківський вагонобудівний завод"	ПАТ "Крюківський вагонобудівний завод"
3	Публічне акціонерне товариство "АвтоКрАЗ"	Публічне акціонерне товариство "АвтоКрАЗ"
...	...	...
42	ПАТ «Свеський насосний завод»	ПАТ "Роменський завод "Тракторозапчастина"
43	ПАТ "Харківський тракторний завод ім. С. Орджонікідзе"	ПАТ "Свеський насосний завод"
44	ПАТ "Роменський завод "Тракторозапчастина"	ПАТ "Новокраматорський машинобудівний завод"

Отримані результати ранжування машинобудівних виробництв дозволили відобразити поточний стан охорони праці в галузі машинобудування за 2012-2015 роки. У подальшому періоді проводимо поглиблений аналіз варіантів вибору заходів з охорони праці окремо для кожного з виробництв, враховуючи при цьому поточний стан рівня виробничого травматизму, визначений за результатами ранжування (табл. 3.14).

### **3.4 Аналіз безпеки трудового процесу машинобудівного виробництва по критерію трудового збитку**

Машинобудівне виробництво, як об'єкт господарської діяльності (ОГД), має такі важливі елементи: виробничий персонал, технологічне устаткування, випуск продукції, систему захисту (сюди ж входить СУОП), контроль та інші.

У процесі трудової діяльності виробництва виникають втрати з різних причин. Такі сумарні втрати результатів праці називаються виробничим збитком (ВЗ), виражений в одиницях еквівалентної вартості [173].

Сумарні збитки, пов'язані з виробничою діяльністю виробничого персоналу можуть бути описані наступною залежністю:

$$Q_{\Pi} = Q_{\Pi}^T + Q_{\Pi}^M + Q_{\Pi}^3 + Q_{\Pi}^{BT} + Q_{\Pi}^E + Q_{\Pi}^I + Q_{\Pi}^{HC} + Q_{\Pi}^{TX} + Q_{\Pi}^{YX}, \quad (4.11)$$

де  $Q_{\Pi}^T$  – втрати продукції через технологічний брак; через отримання бракованих комплектуючих вузлів; через порушення наладки технологічного збору; через допущених персоналом помилок;

$Q_{\Pi}^M$  – втрати продукції через порушення потоку матеріальних ресурсів (сировини, комплектуючих вузлів, і т.д.); через зупинки виробничої лінії, в перервах надходження сировини, комплектуючих вузлів;

$Q_{\Pi}^3$  – втрати продукції через захворювання виробничого персоналу (інфекційні захворювання, виробничі захворювання і т.д.);

Збиток, пов'язаний з втратою працездатності виробничого персоналу:

$Q_{\Pi}^{BT}$  – тимчасовою втратою працездатності через виробничі травми, пов'язані з технічними обов'язками;

$Q_{\Pi}^E$  – втрати продукції через порушення потоку енергоресурсів (електроенергії, теплоенергії). Збиток пов'язаний з зупинкою обладнання через відключення електроенергії;

$Q_{\Pi}^I$  – втрати продукції через зниження потоку інформації між членами виробничого персоналу в ході виробничого процесу;

$Q_{\Pi}^{HC}$  – втрати продукції від взаємодії вражаючих факторів надзвичайних ситуацій (НС техногенного характеру, природного характеру, воєнного та соціального характеру);

$Q_{\Pi}^{TX}$  – збитки, пов'язані з втратою виробничого персоналу в результаті негативних наслідків надзвичайних ситуацій техногенного характеру (радіоактивного або хімічного зараження об'єкту);

$Q_{\Pi}^{YX}$  – збитки, пов'язані з втратою виробничого персоналу та технічного обладнання в результаті дії ударної хвилі при аварії на вибухонебезпечному об'єкті.

Розглянутий перелік втрат показує, що виробництво, як соціально-економічна система, зазнає втрат при будь-якій надзвичайній ситуації, пов'язаної з людиною, технікою або місцем розташування. При цьому на частку людського фактору припадає до 40-60% проявів потенційних небезпек.

Для машинобудівних виробництв критерії надійності продукції, що випускається, в основному залежить від наступних чинників [173]:

- 1) від надійності устаткування;
- 2) від безпомилкових і своєчасних дій людини;
- 2) від ймовірності своєчасного відновлення відмов техніки;
- 3) від своєчасного виправлення і усунення допущених людиною помилок.

У такому випадку визначення надійності функціонування машинобудівного виробництва можна представити формулою:

$$P_{\text{маш.вир.}} = K_T \cdot P_T \cdot P_{\text{бр}} \cdot P_{\text{св}} + (1 - P_T \cdot K_T) \cdot P_{\text{вт}} \cdot P_{\text{бр}} \cdot P_{\text{св}} + (1 - P_{\text{бр}}) \cdot P_T \cdot P_{\text{вп}}, \quad (3.12)$$

де  $K_T$  – коефіцієнт готовності техніки до роботи ( $K_T = 0,95-0,98$ );

$P_T$  – ймовірність безвідмовної роботи техніки ( $P_T = 0,95-0,98$ );

$P_{\text{бр}}$  – ймовірність безпомилкової роботи людини (0,95);

$P_{\text{св}}$  – ймовірність своєчасного виконання роботи (0,98);

$P_{\text{вт}}$  – ймовірність відновлення техніки, що відмовила (0,95);

$P_{\text{вп}}$  – ймовірність виправлення допущеної помилки (0,3; 0,4).

Критерії надійності людини є статистичними величинами, визначеними на підставі законів теорії ймовірностей і математичної статистики.

У формулі (4.12) показано, що основним показником надійності людини в системі виробництва є ймовірність безпомилкового виконання технологічних операцій протягом робочого часу. Цей параметр є величиною змінною, він залежить від багатьох факторів: тривалості і складності окремих операцій, зміни умов діяльності, внутрішнього стану, шуму, вібрацій, дотримання вимог інструкцій з охорони праці та ін.

Отже, чим менші фізіологічна надійність людини, ймовірність безпомилкових дій, характеристики надійності техніки, тим більший ризик виникнення аварійної ситуації, допущення браку тобто, вищий виробничий збиток ( $Q_{\Pi}$ ).

### **3.5 Обґрунтування вибору заходів з охорони праці з урахуванням ризику травматизму на машинобудівних виробництвах**

Поняття «ризик виробничого травматизму (PBT)» в різних джерелах трактують по-різному. В даному дослідженні PBT – це кількісна міра небезпеки, що враховує ймовірність настання нещасних випадків та розмір можливих втрат від них.

Розраховано PBT для чотирьох машинобудівних виробництв, які за результатами ранжування є «найкращими» та «найгіршими»:

Y1 – Волочиський машинобудівний завод ПАТ "Мотор Січ";

Y2 – ПАТ "Крюківський вагонобудівний завод";

Y3 – ПАО "Новокраматорський машинобудівний завод";

Y4 – ПАТ "Роменський завод "Тракторозапчастина".

Розрахунок ризику виробничого травматизму для чотирьох машинобудівних виробництв представлено в табл. 3.15. Для розрахунку використано дослідження вчених [28].

Отримані результати розрахунку PBT показують, що основну увагу для подальших досліджень потрібно надати ПАТ "Роменський завод "Тракторозапчастина", так як ступінь ризику на даному виробництві високий.

Таблиця 3.15 – Розрахунок ризику виробничого травматизму для чотирьох машинобудівних виробництв

№ п/п		Формула	Пояснення до формули	Y1	Y2	Y3	Y4
1	Частота настання нещасного випадку	$\lambda_n = \frac{H_{cp}}{Ч_{cp}} \cdot 240$	<b>H<sub>cp</sub></b> – середньоарифметична кількість нещасних випадків за даною професією у даному виді економічної діяльності за останні 3 роки; <b>Ч<sub>cp</sub></b> – середньорічна кількість працюючих у даному виді економічної діяльності за 3 роки; <b>240</b> – кількість робочих днів у році з урахуванням відпустки.	$1,5 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$3 \cdot 10^{-6}$	$6 \cdot 10^{-5}$
2	Ймовірність настання нещасного випадку протягом року	$P_n = 1 - e^{-\lambda_n}$		$1,5 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$3 \cdot 10^{-6}$	$6 \cdot 10^{-5}$
3	Коефіцієнт втрати працездатності	$K = \frac{Д_{cp}}{Ч_{cp}}$	<b>Д<sub>cp</sub></b> – середньоспискова кількість втрачених робочих днів внаслідок тимчасової непрацездатності працівників даної професії у даному виді економічної діяльності за останні 3 роки; <b>Ч<sub>cp</sub></b> – середньорічна кількість працюючих у даному виді економічної діяльності за 3 роки.	0,002	0,011	0,035	0,7
4	Ризик травматизму на виробництві	$R_n = P_n \cdot K$		$3 \cdot 10^{-10}$	$1 \cdot 10^{-9}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$4 \cdot 10^{-5}$
5	Ступінь ризику			Низький	Низький	Середній	Високий

Отже, враховуючи результати методів головних компонент, *АВС*-аналізу, ранжування машинобудівних виробництв, розрахунку ризику, для зниження виробничого травматизму в галузі машинобудування необхідно направити фінансування на такі заходи з охорони праці:

- 1) атестація робочих місць;
- 2) підготовка та здача екзамену з електробезпеки;
- 3) забезпечення всіх виробничих підрозділів інформаційними стендами з питань охорони праці [174, 175];
- 4) виконання електрофізичних вимірів, проведення випробувань засобів захисту від ураження електричним струмом;
- 5) впровадження та оновлення всіх виробничих підрозділів знаками і плакатами безпеки, сигнальними стрічками;
- 6) проведення на підприємстві аудиту з охорони праці;
- 7) придбання комп'ютерної програми для навчання і перевірки знань з охорони праці;
- 8) удосконалення робочих місць зварювальників (засоби місцевої вентиляції) [176];
- 9) обладнання захисними засобами травмонебезпечних ділянок;
- 10) реконструкція виробничих приміщень;
- 11) підтримання необхідного рівня санітарії та медичне забезпечення (аптечки);
- 12) придбання, згідно розрахунку, первинних засобів пожежогасіння;
- 13) придбання захисного одягу, взуття;
- 14) замовлення і розробка нормативної документації щодо застосування засобів індивідуального захисту;
- 15) проведення тренінгів щодо використання засобів індивідуального захисту, первинних засобів пожежогасіння.

Заходи 1-5 є обов'язковими для впровадження.

Використання методів аналізу дозволяє вирізнити задачу ранжування заходів з охорони праці.

### Висновки до розділу 3

1. Основне значення рейтингової оцінки як складової комплексного підходу визначення рівня виробничого травматизму в машинобудуванні полягає в інформаційному забезпеченні, системній організації і координації дій в галузі охорони праці. Базу рейтингової оцінки складають показники впливу на управління охороною праці і управлінських дій, направлених на підвищення адекватності оцінювання рівня виробничого травматизму, використовуючи експрес-діагностичні правила оцінювання, процедури встановлення відносної значущості досліджуваних машинобудівних виробництв на основі їх упорядкування. Рейтинговий аналіз не дає змоги безпомилкового доказу абсолютної надійності, він сприяє мінімізації негативних наслідків у процесі прийняття управлінських рішень з охорони праці.

2. Однією із базових функцій управління охороною праці є аналіз. Використання методів аналізу дозволяє вирізнити задачу ранжування заходів з охорони праці.

3. Аналіз показників, що впливають на управління охороною праці у галузі машинобудування з використанням правил ранжування Борда та Копленда, дозволяє здійснити оцінювання рівня виробничого травматизму, провести аналіз подальших дій у галузі охорони праці, враховуючи визначений рівень виробничого травматизму на кожному машинобудівному виробництві. Використання цих правил є простими для алгоритмізації та має достатню стійкість результатів під час оцінювання вихідних даних та проведення розрахунків. Рівень адекватності отриманих розрахунків за цими правилами залежить від наявних обсягів початкових даних.

5. Обґрунтовано вибір заходів з охорони праці, враховуючи ризик виробничого травматизму на машинобудівних виробництвах. Розраховано, що на ПАТ "Роменський завод "Тракторозапчастина" високий ступінь ризику, який в подальших дослідженнях необхідно знизити.

## РОЗДІЛ 4

### ОПТИМІЗАЦІЯ ВИБОРУ ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ДЛЯ МАШИНОБУДІВНИХ ВИРОБНИЦТВ

Для моделювання і адаптації методу цілочисельної покрокової оптимізації заходів з охорони праці з метою розподілу економічних ресурсів, виділених на охорону праці для машинобудівних виробництв, необхідно провести поглиблений аналіз для кожного з виробництв, які за результатами ранжування є «найкращими» та «найгіршими».

Також необхідно розробити алгоритм прийняття управлінських рішень на основі положень бенчмаркінгу для розширення функціональних можливостей системи управління охороною праці.

#### **4.1 Оптимальний вибір заходів з охорони праці для виробництв у галузі машинобудування**

Система управління охороною праці на виробництві включає в себе програму вибору заходів, яка являє собою сукупність науково-технічних і інноваційних заходів, що об'єднуються загальною метою, строками виконання та механізмами фінансування.

Необхідною основою для обліку, контролю та ранжування [177] інформації, яка поступає стосовно вибору заходів з охорони праці на виробництві для подальшого планування витрат є удосконалення системи управління охороною праці (СУОП).

СУОП базується на принципах об'єктивності даних, що отримуємо, незалежності, безперервності пооб'єктного контролю та обліку інформації, яка поступає для подальшого планування заходів з охорони праці, захист від суб'єктивної інтерпретації того, хто збирає чи представляє інформацію, що досягається чіткістю, визначеністю параметрів, які фіксуються кількісно.



До СУОП входять такі функції як організація та комплексний аналіз регулярних потоків інформації стосовно вибору заходів з охорони праці в попередньому періоді, їх об'єми фінансування. Аналіз зібраної інформації про стан виробничого травматизму є основою для проведення оцінки, в результаті якої визначаються управлінські дії з поліпшення стану охорони праці на виробництві.

Система моніторингу дозволяє відслідковувати потенціал у галузі охорони праці в кожному звітному періоді шляхом вибору та реалізації заходів з охорони праці, враховуючи при цьому виділені фінансові ресурси.

Аналіз впровадження та реалізації планів вибору проектів з охорони праці показав, що:

- а) структура планів різноманітна;
- б) групування заходів з охорони праці довільне.

Крім того, ефективність заходів з охорони праці часто розглядається як аналітичний (довідковий) матеріал та недостатньо враховується при прийнятті планових рішень. Вибір та розроблення визначених заходів з охорони праці нерідко здійснюється без достатньо глибокого економічного обґрунтування. В загальному комплексі заходів з охорони праці разом з великими та відносно капіталоємними, включаються заходи, реалізація яких не потребує великих фінансових витрат [178].

#### **4.2 Математична модель вибору заходів з охорони праці для машинобудівних виробництв з використанням параметричного програмування**

Часто необхідні витрати на виконання заходів з охорони праці значно перевищують фінансові ресурси, які виділяються виробництву на дані цілі. Виникає необхідність вибору заходів з охорони праці для остаточного включення їх до плану вибору та підвищення ефективності управління охороною праці в цілому [179, 180].

На ранньому етапі моніторингу важливо визначити потребу у фінансових ресурсах, яких не вистачає на виконання заходів з охорони праці, необхідність їх вибору [179].

Разом з цим, ґрунтуючись на законі Парето [181], досить сформулювати ряд конкретних норм і механізмів прямої дії. Оцінюючи ефективність рішень, що приймаються, заходів, заходів з охорони праці, необхідно вийти за звичні рамки оцінки. Ефективність заходів має набагато ширший горизонт оцінки, що узагальнює ефекти, що отримуються на всіх етапах планування вибору та впровадження заходів [182].

Нехай загальна кількість вибраних заходів з охорони праці –  $n$  і  $j = \overline{1, n}$ . Кожний  $j$  - захід дає ефект (зменшення рівня виробничого травматизму) в розмірі  $C_j$ . Витрати фінансових ресурсів на реалізацію кожного заходу позначимо  $a_j$ . Відомий виділений об'єм фінансових ресурсів  $F$ . За результатами ранжування визначено поточний стан рівня охорони праці на машинобудівних підприємствах  $q_i$ ,  $i = \overline{1, K}$ . Метою рішення задачі є вибір з сукупності заходів з охорони праці найбільш ефективних за умов виділених економічних ресурсів з метою досягнення максимально-можливої ефективності [183, 184].

Враховуючи, що кількість заходів, які пропонуються до вибору більше числа тих, які будуть вибрані, можна ввести дискретні змінні  $x_j$ , які відповідають кожному вибраному заходу. При цьому ( $j = \overline{1, n}$ )

$$x_j = \begin{cases} 1, & \text{якщо } j\text{-ий проект вибирається для реалізації;} \\ 0, & \text{якщо } j\text{-ий проект не вибирається.} \end{cases}$$

Цільова функція має вигляд:

$$\begin{aligned} k_{\text{BT}} &= f_1(x_j) \rightarrow \min, \\ k_{\text{HBO}} &= f_2(x_j) \rightarrow \min, \\ R_{\text{H}} &= f_3(x_j) \rightarrow \min, \end{aligned} \quad (4.1)$$

де  $k_{\text{BT}}$  – показник виробничого травматизму;

$k_{\text{HBO}}$  – показник небезпечності виробничого обладнання;

$R_{\text{H}}$  – ризик травматизму на виробництві;

$f_1(x_j), f_2(x_j), f_3(x_j)$  – функції цілі для  $k_{\text{BT}}$ ,  $k_{\text{HBO}}$ ,  $R_{\text{H}}$  відповідно.

Критерії оптимізації

$$\begin{aligned} W &= \frac{k_{\text{BT } i} - k_{\text{BT } i+1}}{F_i + F_{i+1}}; \\ W &= \frac{k_{\text{HBO } i} - k_{\text{HBO } i+1}}{F_i + F_{i+1}}, \end{aligned} \quad (4.2)$$

де  $k_{\text{BT } i}, k_{\text{BT } i+1}$  – початкові та кінцеві значення показника виробничого травматизму відповідно;

$F_{i+1}, F_i$  – кінцеві та початкові значення наданих фінансових ресурсів.

Обмеження: за часом  $T_p \leq T_{\text{рік}} \leq 5760$  год, кількістю заходів  $n \leq n_3 \leq 15$ , та наданими фінансовими ресурсами  $\phi(x_j) \geq F_{\text{в}}$ .

Обмеження моделі розрахунку має вигляд:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^p A_j \cdot x_j + \sum_{j=1}^{n-p} a_j \cdot x_j &\leq F, \\ x_j &= \{0, 1\}; \bar{j} = \overline{1, n}, \end{aligned} \quad (4.3)$$

де  $n$  – загальна кількість вибраних заходів з охорони праці;

$p$  – кількість обов’язкових для впровадження заходів;

$A_j$  – витрати на обов’язковий  $j$ -ий захід з охорони праці;

$a_j$  – витрати фінансових ресурсів на реалізацію інших заходів з охорони праці;

$x_j$  – заходи з охорони праці;

$F$  – відомий виділений об’єм фінансових ресурсів.

Витрати не повинні перевищувати ресурси  $F$ , які були виділені з бюджету на кожне машинобудівне виробництво. Згідно фізичному змісту змінні  $A_j, a_j$  та

$x_j, F$  – додатні величини.

Рішення задачі методом цілочисельної покрокової оптимізації забезпечує можливість розрахунку ефективності за наданими економічними ресурсами та дає можливість оперативного перерахунку вибору оптимальної сукупності заходів з охорони праці, які дають більший ефект зниження  $k_{\text{вт}}, k_{\text{нво}}$  та  $R_{\text{н}}$ .

Важлива роль рішення даної задачі полягає в можливості її використання для визначення оптимальної сукупності ефективних заходів. Визначається оптимальна сукупність заходів з охорони праці, які дають максимально-можливу ефективність за результатами використання економічних ресурсів, які надаються [179, 183, 184]. В результаті залишається сукупність заходів менш ефективних, які не вибираються внаслідок нестачі бюджетних ресурсів на ці цілі. Крім того, важливо розглянути об'єктивні причини більш низької ефективності цих заходів, необхідність та важливість їх вибору [179].

### **4.3 Розв'язання задачі вибору оптимальної сукупності заходів з охорони праці**

У роботі для аналізу представлено 4 машинобудівних виробництва, які в результаті ранжування за правилом Борда та Копленда є «найкращими» та «найгіршими»:

Y1 – Волочиський машинобудівний завод ПАТ "Мотор Січ";

Y2 – ПАТ "Крюківський вагонобудівний завод";

Y3 – ПАО "Новокраматорський машинобудівний завод";

Y4 – ПАТ "Роменський завод "Тракторозапчастина".

Вихідними даними є перелік заходів з охорони праці, які плануються до вибору, що наведені у Розділі 3.

За моделлю (4.1, 4.2) використовуємо метод цілочисельної покрокової оптимізації [183, 184], який включає в себе наступні кроки:

**Крок 1.** Проводимо аналіз вихідних даних від машинобудівних виробництв.

Грунтуючись на законі Парето (рис. 2.7) та попередніх досліджень дисертанта, враховуючи найбільш вагомі причини виробничого травматизму, було сформовано 15 заходів з охорони праці. Встановлено, що їх сукупність знизить показник виробничого травматизму на 20, 1 %. Враховуючи статистичну інформацію [12, 185], результати досліджень [13, 112-114], визначено на скільки відсотків кожен захід знизить  $k_{\text{вт}}$  та вартість кожного заходу (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Заходи з охорони праці та їх відсоткова частка для показника виробничого травматизму

Змін- ні керу- вання	Заходи з охорони праці	$\Delta R$ , тис. грн	$k_{\text{вт}}$ , %
$x_1$	Атестація робочих місць.	36	1,8
$x_2$	Підготовка та здача екзамену з електробезпеки.	7,95	0,7
$x_3$	Забезпечення всіх виробничих підрозділів інформаційними стендами з питань охорони праці.	5	0,1
$x_4$	Виконання електрофізичних вимірів, проведення випробувань засобів захисту від ураження електричним струмом.	3,5	1,7
$x_5$	Впровадження та оновлення всіх виробничих підрозділів знаками і плакатами безпеки, сигнальними стрічками.	3	1
$x_6$	Проведення інспекторського аудиту з охорони праці.	4	2,4
$x_7$	Придбання комп'ютерної програми для навчання і перевірки знань з охорони праці.	9,8	1,8
$x_8$	Удосконалення робочих місць зварювальників.	50	2,8
$x_9$	Обладнання захисними засобами травмонебезпечних ділянок.	60	3,3
$x_{10}$	Реконструкція виробничих приміщень.	30	3,5
$x_{11}$	Підтримання необхідного рівня санітарії та медичне забезпечення (аптечки).	2	0,1
$x_{12}$	Придбання первинних засобів пожежогасіння, згідно розрахунку.	10,5	0,2
$x_{13}$	Придбання захисного одягу, взуття.	40	0,4
$x_{14}$	Замовлення і розроблення нормативної документації на застосування засобів індивідуального захисту.	2,7	0,1
$x_{15}$	Проведення тренінгів щодо використання засобів індивідуального захисту, первинних засобів пожежогасіння.	7,95	0,2
Загальний відсоток показника виробничого травматизму			20,1

**Крок 2.** Використовуючи метод цілочисельної покрокової оптимізації [183, 184, 186] та враховуючи обмеження, отримуємо результуючі дані, які відображають оптимальний розподіл економічних бюджетних ресурсів для всіх машинобудівних виробництв.

Для прикладу адаптуємо метод цілочисельної покрокової оптимізації для ПАТ "Роменський завод "Тракторозапчастина", бюджетні фінансові ресурси на охорону праці для даного підприємства складають 80 000 грн. Враховуючи обмеження, модель розрахунку має наступний вигляд:

$$\phi_1(x_j) = 5000x_1 + 36000x_2 + 7950x_3 + 3000x_4 + 3500x_5 + 4000x_6 + 9800x_7 + 50000x_8 + 30000x_9 + 60000x_{10} + 2000x_{11} + 10500x_{12} + 40000x_{13} + 2700x_{14} + 7950x_{15} \leq 80000, \quad (4.4)$$

$$x_{1-5} \in 1, \quad x_{6-15} = \{0,1\}, \quad (4.5)$$

де  $\phi_1(x_j)$  – загальна вартість вибору заходів з охорони праці, грн.

Використовуючи удосконалений програмний алгоритм, розроблений в середовищі Microsoft Excel за допомогою макроса, оперативно знайдено вибір оптимальної сукупності заходів за результатами використання наданих економічних ресурсів (рис. 4.1) [183, 184].

Вхідними даними є перелік заходів з охорони праці, які плануються до вибору. Приклад роботи алгоритму даної програми наведено у Додатку Г.

Удосконалення та реалізація даного програмного алгоритму стала можливою завдяки [186]. Це самостійний програмний продукт і може бути використаний для аналізу будь-якого роду інформації.

Головне вікно програми в середовищі Microsoft Excel наведене на рисунку 4.1.

	A	B	C	D	E
1	<b>Назва проекту</b>	<b>Ціна проекту</b>		Мінімальна вибірка	5
2	<b>X1</b>	<b>36 000</b>		Максимальна вибірка	15
3	<b>X2</b>	<b>7 950</b>		Кількість проектів	15
4	<b>X3</b>	<b>5 000</b>			
5	<b>X4</b>	<b>3 000</b>		Виділений об'єм фінансових ресурсів	80 000,00
6	<b>X5</b>	<b>3 500</b>		Допустима похибка $\pm$	500,00
7	X6	<b>4 000</b>		Усі можливі комбінації	30 827
8	X7	<b>9 800</b>			
9	X8	50 000		<b>Розрахунок</b>	
10	X9	60 000			
11	X10	30 000			
12	X11	2 000		<b>Варіанти можливих комбінацій проектів</b>	
13	X12	10 500		= 36000 + 10500 + 9800 + 7950 + 5000 + 3500 + 3000 + 2700 + 2000	80450
14	X13	40 000		= 36000 + 10500 + 7950 + 7950 + 5000 + 4000 + 3500 + 3000 + 2000	79900
15	X14	<b>2 700</b>		<b>= 36000 + 9800 + 7950 + 7950 + 5000 + 4000 + 3500 + 3000 + 2700</b>	<b>79900</b>
16	X15	<b>7 950</b>		= 36000 + 10500 + 9800 + 7950 + 5000 + 4000 + 3500 + 3000	79750

Рисунок 4.1 – Головне вікно програми для ПАТ "Роменський завод  
"Тракторозапчастина"

На рис. 4.2-4.4 зображено результати покрокової оптимізації.

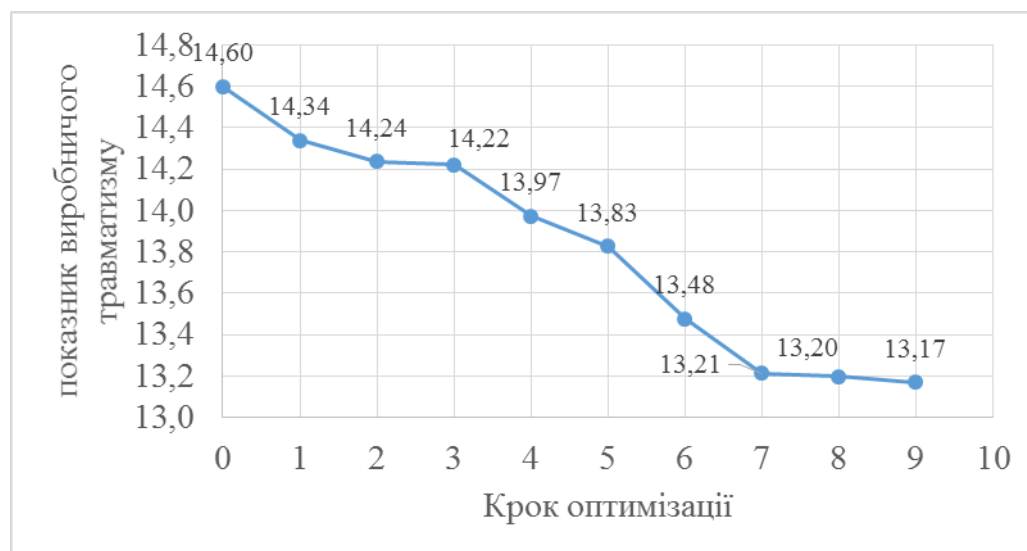


Рисунок 4.2 – Покрокова оптимізація при зниженні показника виробничого  
травматизму

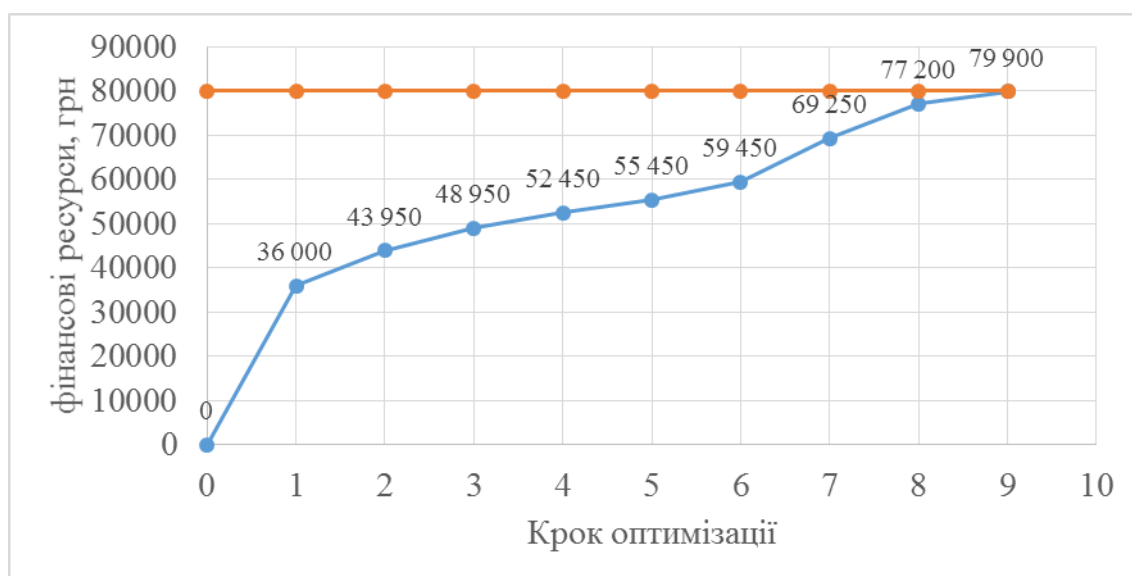


Рисунок 4.3 – Результати цілочисельної покрокової оптимізації при наданих фінансових ресурсах

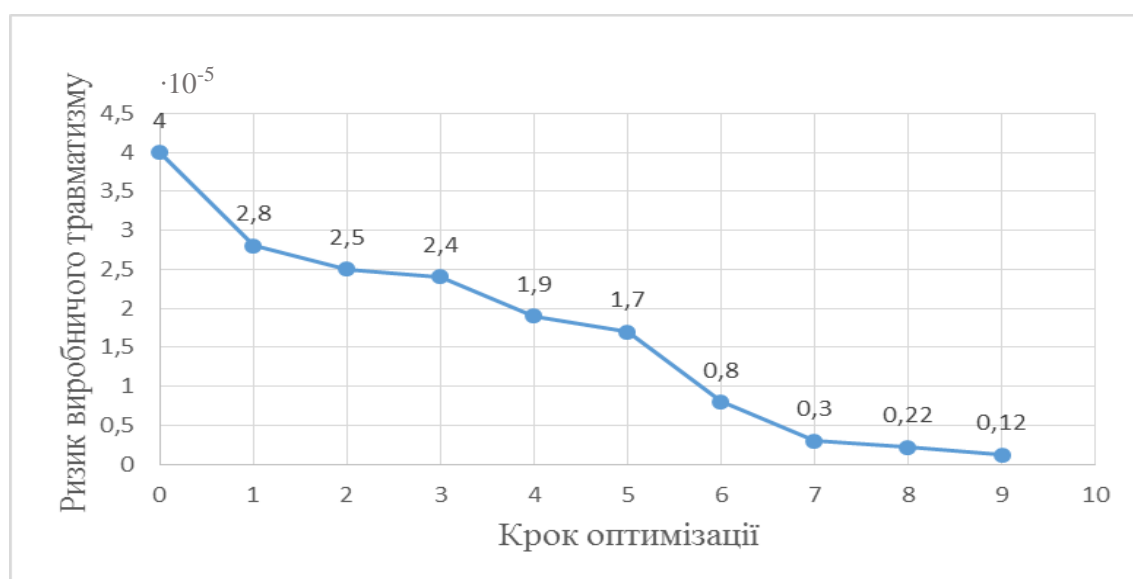


Рисунок 4.4 – Покрокова оптимізація при зниженні ризику виробничого травматизму

Визначено, що в результаті впровадження даних заходів високий ступінь ризику виробничого травматизму на ПАТ "Роменський завод "Тракторозапчастина" ( $4 \cdot 10^{-5}$ ) знизиться до середнього ( $1,2 \cdot 10^{-6}$ ).

Методом цілочисельної покрокової оптимізації, враховуючи обмеження (4.3) та відсоткову частку впливу кожної причини на показник виробничого



травматизму отримано наступний результат набору заходів з охорони праці для ПАТ "Роменський завод "Тракторозапчастина":

$$x_1^* = 1, x_2^* = 1, x_3^* = 1, x_4^* = 1, x_5^* = 1, x_6^* = 1, x_7^* = 1, x_8^* = 0, \\ x_9^* = 0, x_{10}^* = 0, x_{11}^* = 0, x_{12}^* = 0, x_{13}^* = 0, x_{14}^* = 1, x_{15}^* = 1;$$

Результуюча економія в грн за звітній період складе

$$f_1(x_j) = 44\,300 \text{ грн};$$

$$\phi^*(x_2^*, x_3^*, x_{11}^*, x_{12}^*, x_{13}^*) = 79900 \text{ грн} < 80000 \text{ грн}.$$

Оптимальним у випадку обмежень (4.8, 4.9) є вибір заходів  $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_{14}, x_{15}$ . Аналогічні розрахунки можна провести для всіх підприємств у галузі машинобудування.

Остаточні результати відображають оптимальний розподіл бюджетних економічних ресурсів, за яких досягається максимально можливий ефект від вибору сукупності заходів з охорони праці [183, 184].

Для кожного машинобудівного виробництва надана сума економічних ресурсів буде різною, тому що відповідно до статті 19 Закону України "Про охорону праці" фінансування заходів з охорони становлять не менше 0,5 % від суми реалізованої продукції.

Таку ж процедуру розрахунку проводимо для: Волочиський машинобудівний завод ПАТ "Мотор Січ" (300 тис. грн); ПАТ "Крюківський вагонобудівний завод" (155 тис. грн); ПАО "Новокраматорський машинобудівний завод" (90 тис. грн).

Результати розрахунків за допомогою методу цілочисельної покрокової оптимізації наведені в таблиці 4.2.

У наступному звітному періоді, в результаті моніторингу заходів з охорони праці, які були впроваджені та на основі використаних економічних бюджетних ресурсів у попередньому звітному періоді (табл. 4.2), робиться корегування (доповнення) іншими заходами з охорони праці за виділеними економічними

ресурсами в наступному звітному періоді. Цим досягається подальша робота у сфері підвищення рівня ефективності управління охороною праці.

Таблиця 4.2 – Результати розрахунків для задачі параметричного програмування за допомогою методу цілочисельної покрокової оптимізації

№ п/п	Заходи з охорони праці, які плануються для вибору	Вартість розробки та впровадження заходів з охорони праці, грн
1	2	3
1	<b>Волочиський машинобудівний завод ПАТ "Мотор Січ"</b>	
1.1	Атестація робочих місць	36 000
1.2	Підготовка та здача екзамену з електробезпеки	7 950
1.3	Забезпечення всіх виробничих підрозділів інформаційними стендами з питань охорони праці	5 000
1.4	Виконання електрофізичних вимірів, проведення випробувань засобів захисту від ураження електричним струмом	3 500
1.5	Впровадження та оновлення всіх виробничих підрозділів знаками і плакатами безпеки, сигнальними стрічками	3 000
1.6	Проведення інспекторського аудиту з охорони праці	4 000
1.7	Придбання комп'ютерної програми для навчання і перевірки знань з охорони праці	9 800
1.8	Удосконалення робочих місць зварювальників	50 000
1.9	Обладнання захисними засобами травмонебезпечних ділянок	60 000
1.10	Реконструкція виробничих приміщень	30 000
1.11	Підтримання необхідного рівня санітарії та медичне забезпечення (аптечки)	2 000
1.12	Придбання первинних засобів пожежогасіння, згідно розрахунку	10 500
1.13	Придбання захисного одягу, взуття	40 000
1.14	Замовлення і розроблення нормативної документації на застосування засобів індивідуального захисту	2 700
1.15	Проведення тренінгів щодо використання засобів індивідуального захисту, первинних засобів пожежогасіння	7 950
	Разом	272 400
2	<b>ПАТ "Крюківський вагонобудівний завод"</b>	
2.1	Атестація робочих місць	36 000
2.2	Підготовка та здача екзамену з електробезпеки	7 950

Продовження таблиці 4.2

1	2	3
2.3	Забезпечення всіх виробничих підрозділів інформаційними стендами з питань охорони праці	5 000
2.4	Виконання електрофізичних вимірів, проведення випробувань засобів захисту від ураження електричним струмом	3 500
2.5	Впровадження та оновлення всіх виробничих підрозділів знаками і плакатами безпеки, сигнальними стрічками	3 000
2.8	Удосконалення робочих місць зварювальників	50 000
2.10	Реконструкція виробничих приміщень	30 000
2.12	Придбання, згідно розрахунку, первинних засобів пожежогасіння	10 500
2.15	Проведення тренінгів щодо використання засобів індивідуального захисту, первинних засобів пожежогасіння	7950
	Разом	153 900
3	<b>ПАО "Новокраматорський машинобудівний завод"</b>	
3.1	Атестація робочих місць	36 000
3.2	Підготовка та здача екзамену з електробезпеки	7 950
3.3	Забезпечення всіх виробничих підрозділів інформаційними стендами з питань охорони праці	5 000
3.4	Виконання електрофізичних вимірів, проведення випробувань засобів захисту від ураження електричним струмом	3 500
3.5	Впровадження та оновлення всіх виробничих підрозділів знаками і плакатами безпеки, сигнальними стрічками	3 000
3.6	Проведення інспекторського аудиту з охорони праці	4000
3.7	Придбання комп'ютерної програми для навчання і перевірки знань з охорони праці	9800
3.11	Підтримання необхідного рівня санітарії та медичне забезпечення (аптечки)	2000
3.12	Придбання, згідно розрахунку, первинних засобів пожежогасіння	10500
3.15	Проведення тренінгів щодо використання засобів індивідуального захисту, первинних засобів пожежогасіння	7950
	Разом	89 700
4	<b>ПАТ "Роменський завод "Тракторозапчастина"</b>	
4.1	Атестація робочих місць	36 000
4.2	Підготовка та здача екзамену з електробезпеки	7 950
4.3	Забезпечення всіх виробничих підрозділів інформаційними стендами з питань охорони праці	5 000
4.4	Виконання електрофізичних вимірів, проведення випробувань засобів захисту від ураження електричним струмом	3 500
4.5	Впровадження та оновлення всіх виробничих підрозділів знаками і плакатами безпеки, сигнальними стрічками	3 000

Продовження таблиці 4.2

1	2	3
4.6	Проведення інспекторського аудиту з охорони праці	4000
4.7	Придбання комп'ютерної програми для навчання і перевірки знань з охорони праці	9800
4.14	Замовлення і розробка нормативної документації щодо застосування засобів індивідуального захисту	2700
4.15	Проведення тренінгів щодо використання засобів індивідуального захисту, первинних засобів пожежогашіння	7950
	Разом	79 900

Таким чином, реалізація бенчмаркінгу охорони праці у галузі машинобудування направлена на аналіз та подальше впровадження заходів з охорони праці в умовах виділених економічних ресурсів.

Даний метод оптимізації може використовуватися і бути адаптований на всіх підприємствах України.

#### 4.4 Методика бенчмаркінгу охорони праці

Дія цієї методики поширюється на машинобудівні виробництва України.

Методика бенчмаркінгу полягає в тому, щоб на основі дослідження встановити потребу в змінах і досягти успіху в результаті цих змін.

Методика розроблена на базі чинних нормативних документів [7, 175, 187-203].

Запропоновано термін «бенчмаркінг охорони праці». Бенчмаркінг охорони праці – процес моніторингу виробничого травматизму з метою оцінювання та порівняння ефективності функціонування системи управління охороною праці між виробництвами для підвищення рівня безпеки праці на власному підприємстві [204].

Для встановлення «кращих» машинобудівних виробництв і впровадження досвіду еталонного виробництва, яке має найменшу кількість випадків виробничого травматизму (Лідери), дослідження проводиться для «гірших» виробництвах (Аутсайтери).

Застосування бенчмаркінгу охорони праці змінює підхід до системи стратегічного планування, удосконалює систему менеджменту організації та систему управління охороною праці.

Інструмент бенчмаркінгу – це безперервний процес поліпшення і вдосконалення, за допомогою «зворотного зв'язку», який відбувається при коригуванні результатів порівняння та підвищення ефективності управління охороною праці.

Метою дослідження промислового об'єкту є зниження виробничого травматизму та правильний розподіл економічних ресурсів, що досягається шляхом впровадження заходів з охорони праці.

Запропоновано в процесі бенчмаркінгу вирішувати наступні завдання:

1. Виявлення слабких і сильних сторін СУОП машинобудівного виробництва, постановка цілей і розробка плану дій.
2. Розроблення моделей рейтингового оцінювання рівня стану охорони праці на машинобудівних виробництвах.
3. Встановлення, як конкуренти досягли успіху в галузі охорони праці.
4. Розроблення організаційно-технічних заходів з охорони праці.
5. Впровадження найкращих методик конкурентів.
6. Оптимізація та побудова ефективної системи роботи служби охорони праці.
7. Розробка заходів для досягнення стандартів промислової безпеки та охорони праці, пожежної безпеки, попередження виробничого травматизму.
8. Розширення функціональних можливостей системи управління охороною праці через оптимальний перерозподіл економічних ресурсів.
9. Досягнення результатів або хоча б наближення до результатів еталонного машинобудівного виробництва.
10. Формування групи впровадження, визначення терміну виконання і вартості ресурсів.
11. Підвищення іміджу і престижу машинобудівного виробництва.

Ефективність функціонування системи управління охороною праці запропоновано забезпечувати наступними заходами:

1. Організаційно-технічними та технологічними заходами, які не потребують додаткових капітальних витрат і не скорочують випуск продукції.
2. Заходи, здійснення яких не потребує додаткових витрат, але мають збитки від обмежень, що вводяться системою управління.
3. Заходи, здійснення яких вимагає додаткових капітальних вкладень.

Заходи першого типу забезпечуються шляхом:

- перенесення початку зміни на інший час;
- організації ремонтних і профілактичних робіт в години максимального навантаження виробництва.

Заходи другого типу забезпечуються шляхом:

- використання вільних і частково-вільних працівників.

Заходи третього типу забезпечуються шляхом:

- зміни технології;
- заміни технологічного обладнання;
- реконструкція виробничих приміщень;
- модернізація обладнання;
- часткової та повної реконструкції технологічних об'єктів підприємства та інших.

Впровадження заходів першого типу обґрунтовується згідно висновків інспекторського аудиту з охорони праці.

Впровадження заходів другого типу приймається згідно висновків інспекторського аудиту.

Доцільність здійснення заходів третього типу визначається техніко-економічними розрахунками.

Залежно від тривалості часу реалізації заходів вони поділяються на:

- оперативні заходи;
- заходи, що потребують великий проміжок часу;

- заходи, що діють протягом усього року;
- заходи, впровадження яких планується в перспективі.

Заходи з охорони праці, в залежності від технологічного режиму роботи, запропоновано ділити на наступні види:

- вільні;
- частково-вільні;
- частково-вимушені;
- вимушені;
- перспективні.

Вільні – це заходи з охорони праці, від роботи яких залежить продуктивність машинобудівного виробництва (зміна режиму роботи не впливає на основний технологічний процес з випуску продукції).

Частково-вільні – це заходи з охорони праці, робота яких впливає на продуктивність машинобудівного виробництва, але зміна режиму роботи елементів технологічного ланцюга не веде до збитку.

Частково-вимушені – це заходи з охорони праці, обмеження режиму роботи технологічного процесу яких призводить до збитків.

Вимушені – це заходи з охорони праці, впровадження яких потребує багато часу і призводить до зупинки випуску продукції (повна зупинка с технологічного ланцюга).

Перспективні – це заходи з охорони праці, які дозволять покращити систему управління охороною праці, але потребують додаткових капітальних витрат.

До інформації, необхідної для проведення бенчмаркінгу охорони праці запропоновано відносити: загальні відомості про машинобудівне виробництво;

- загальна кількість нещасних випадків на ньому;
- причини та події, що спричинили виробничий травматизм;
- техніко-економічні характеристики технологічних процесів і устаткування.

Загальні відомості про машинобудівне виробництво включають у себе:

- проектні та фактичні показники його виробничо-господарської діяльності;

- відомості про структуру управління машинобудівним виробництвом;
- відомості про режим роботи машинобудівного виробництва;
- відомості про загальну кількість працівників.

Техніко-економічні характеристики технологічних процесів і устаткування включають в себе:

- відомості про технологію виробництва, технічні характеристики обладнання та режими його роботи;

- відомості про технологічний транспорт;
- відомості про систему вентиляції;
- відомості про систему водовідведення;
- відомості про мікроклімат на виробництві;
- відомості про освітленість на виробництві;
- відомості про шум та вібрацію на виробництві;
- відомості про запиленість на виробництві.

Джерелами інформації при обстеженні машинобудівного виробництва є:

- паспорт даного виробництва;
- форми статистичної звітності;
- форма Н-1 – акт про нещасний випадок, пов'язаний з виробництвом;
- опитування працівників;
- нормативно-довідкова інформація;
- звіти про проведені дослідження про удосконалення та модернізацію обладнання;

- атестація робочих місць.

Алгоритм прийняття управлінських рішень на основі положень бенчмаркінгу наведено на рисунку 4.5.





Рисунок 4.5 – Алгоритм прийняття управлінських рішень на основі положень бенчмаркінгу охорони праці

**Опис алгоритму.** Проводиться ознайомлення зі структурою, підрозділами та основною документацією обстежуваного підприємства. Визначаються цілі, програма бенчмаркінгу, розробляється план-графік проведення обстеження. Здійснюється аналіз існуючої документації з питань охорони праці, оцінюється ефективність роботи системи управління охороною праці на даному виробництві. Виявляються порушення вимог законодавства. Визначається тип бенчмаркінгу. Проводиться збір і співставлення отриманих даних виробничого травматизму.

Для аналізу показників впливу на управління охороною праці необхідно застосувати емпіричні методи аналізу. Емпіричні дослідження охоплюють комплексну систему спостережень про стан охорони праці, а також узагальнення, класифікація та опис результатів.

Здійснюється відбір впливових факторів з використанням методу головних компонент.

Застосування *ABC*-аналізу дозволяє виділити найбільш значущі причини виробничого травматизму в галузі машинобудування; направити фінансування на ті заходи з охорони праці, які найбільш необхідні для зниження виробничого травматизму і одночасно знизити витрати на інші заходи, за рахунок усунення зайвих функцій і видів робіт.

Методом головних компонент визначаються коефіцієнти кореляції між основними причинами виникнення нещасних випадків. Це дає можливість сформулювати узагальнюючі фактори та спростити характеристичні рівняння математичної моделі прогнозування травматизму на виробництві.

Необхідно проаналізувати всі показники ефективності функціонування системи управління охороною праці та здійснити відбір найбільш вагомих, враховуючи невизначеності різного характеру.

Ранжування за правилом Борда і Компленда дозволяє оцінити вплив показників на рівень виробничого травматизму. Наводяться результуючі значення ранжування для визначення кращих та гірших машинобудівних виробництв України.

Також проводиться розрахунок ризику виробничого травматизму.

Здійснюється опис результатів бенчмаркінгу охорони праці, включаючи найкращий практичний досвід, складається звіт і рекомендації з усунення недоліків.

Формується математична детермінована постановка задачі цілочисельного програмування вибору заходів з охорони праці для машинобудівного виробництва, що оцінюється. За допомогою методу дискретної оптимізації здійснюється вибір заходів з охорони праці. Визначається оптимальна їх сукупність, які дають максимально-можливу ефективність за результатами використання економічних ресурсів, які надаються. Це дає змогу підвищити ефективність організаційних і управлінських рішень завдяки їх цільовій орієнтації.

Заходи за результатами проведення бенчмаркінгу охорони праці можуть стати частиною тривалого циклу підвищення рівня ефективності управління охороною праці в галузі машинобудування.

#### **4.5 Оцінка економічних результатів впровадження заходів з охорони праці з запобігання аварій на машинобудівних підприємствах**

За даними Міжнародної асоціації соціального забезпечення [206] фінансова компенсація постраждалим від виробничого травматизму еквівалентна 4 % світового ВВП. Для деяких країн, що розвиваються, їх вартість може досягати 10 відсотків від ВВП.

Проаналізувавши різні методики визначення соціально-економічної ефективності від впровадження заходів з охорони праці зарубіжних і вітчизняних вчених [14, 15, 28, 29, 30, 45, 46, 52 - 69] можна зробити висновок, що деякі галузі потребують більшої гнучкості розрахунків, ніж інші. Це і стосується галузі машинобудування.

За даними державної служби статистики України [206] витрати підприємств, зумовлені нещасними випадками, за видом економічної діяльності КВЕД ДК

009:2010 секції С (таблиця 4.3) у 2014 році становить 4 973 485 грн, у 2015 році – 3 874 399 грн, у 2016 році – 3 693 638 грн.

Прослідковується тенденція зниження витрат, можливо, за рахунок приховування фактів про нещасні випадки, але все одно витрати є великими [205].

Одна з основних причин виробничого травматизму в галузі машинобудування є аварії, в результаті – великі витрати підприємства.

Таблиця 4.3 – Витрати підприємств, зумовлені нещасними випадками, за видом економічної діяльності КВЕД ДК 009:2010 секції С за 2014 – 2016 роки

Рік		2014	2015	2016
Витрати підприємства, усього, без урахування страхових внесків до Фонду соціального страхування від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань України, грн		4 973 485	3 874 399	3 693 638
У тому числі	на оплату перших п'яти днів тимчасової непрацездатності, згідно з листком непрацездатності	1 539 893	1 718 664	1 403 467
	на інші виплати потерпілим, членам сімей та утриманцям померлих, здійснених за рахунок коштів підприємства	3 433 592	2 155 735	2 290 171
Сума штрафів, сплачена посадовими особами підприємства за порушення вимог законодавства про охорону праці, пов'язаних з нещасним випадком, у тому числі за його приховування, грн		24 995	13 691	35 516
Нарахована вартість зіпсованого устаткування, інструменту, зруйнованих будівель, споруд, грн		325 119	342 969	1 998 585

Основними позитивними результатами від впровадження заходів з охорони праці є такі [205]:

1) запобігання економічного збитку від виробничого травматизму, нещасних випадків, професійних захворювань, аварій;

2) збільшення міжремонтного періоду обладнання в результаті більш безпечної його експлуатації.

Економічні затрати від аварій на машинобудівному виробництві можуть бути визначені за формулою:

$$Z_a = Z_n + Z_{л.а} + Z_{с.е} + Z_{пр}, \quad (4.6)$$

де  $Z_n$  – затрати підприємства в результаті пошкодження або повністю зруйнованого обладнання, будівлі, продукції, особистого майна;

$Z_{л.а}$  – затрати підприємства, пов'язані з ліквідацією та розслідуванням аварії;

$Z_{с.е}$  – соціально-економічні затрати підприємства, які включають в себе затрати на компенсацію внаслідок смертельного травматизму персоналу та внаслідок отримання травм на виробництві;

$Z_{пр}$  – затрати простою обладнання, що визначається як

$$Z_{пр} = Z_з + Z_n + Z_{т.о}, \quad (4.7)$$

де  $Z_з$  – затрати на заробітну плату та на витрати підприємства під час простою;

$Z_n$  – виплати неустойок (штрафів, пені);

$Z_{т.о}$  – затрати третіх осіб через неотримання ними прибутку.

Для обладнання, машин, транспортних засобів та інвентарю вартість заміни можна визначити в залежності від суми, необхідної для закупівлі предмету, аналогічному пошкодженому, враховуючи витрати на перевезення, монтаж, митні збори тощо [187].

До затрат підприємства, які пов'язані з ліквідацією та розслідуванням аварії відносяться наступні: непередбачувані виплати заробітної плати персоналу при локалізації та ліквідації аварії; вартість матеріалів, що використовуються при локалізації та ліквідації аварії; вартість послуг спеціалізованих організацій з локалізації та ліквідації аварії; вартість послуг експертів, залучених до розслідування технічних причин аварії, надання економічної оцінки наслідків аварії.

До соціально-економічних затрат підприємства відносяться: разові виплати; виплати за лікарняними листами; доплати при переведенні на легшу роботу; виплати за стаціонарне лікування потерпілих у медичних закладах; виплати на навчання працівників; витрати на соціальну допомогу; доплати на компенсацію втраченого заробітку; виплати на санітарно-курортне лікування; виплати пенсії інвалідам за трудовим каліцтвом; виплати утриманням загиблих [205].

Крім того, при визначенні соціально-економічних затрат, можна враховувати відшкодування моральної шкоди як постраждалим, так і їхній родині.

Економічний результат від збільшення міжремонтного періоду обладнання в результаті більш безпечній його експлуатації можна визначити за формулою [206]:

$$P_e = B_d \cdot (N_{\text{до}} - N_{\text{після}}), \quad (4.8)$$

де  $B_d$  – втрати підприємства від одного дня простою обладнання в ремонті;

$N_{\text{до}}$  та  $N_{\text{після}}$  – кількість днів простою обладнання до і після ремонту.

Отже, впровадження заходів з охорони праці для запобігання аварій зменшує збитки машинобудівного підприємства від виробничого травматизму в середньому на 10 %.

Таки чином, впровадження бенчмаркінгу охорони праці зменшить коефіцієнт та ризик виробничого травматизму, що в перспективі дозволить планувати працезохоронні заходи з позиції забезпечення низького рівню ризику.

## Висновки до розділу 4

1. Обґрунтовано застосування системи управління охороною праці, що дає можливість відслідковувати потенціал виробництва за кожний звітний період, шляхом вибору та реалізації заходів з охорони праці, враховуючи при цьому виділені фінансові ресурси.

2. Розроблено методику бенчмаркінгу охорони праці, яка змінює підхід

до системи стратегічного планування, удосконалює систему управління охороною праці, дає можливість підвищити ефективність організаційних і управлінських рішень завдяки цільовій орієнтації та зменшує ризик виробничого травматизму.

3. Запропонована методика бенчмаркінгу дозволяє визначити сукупність заходів з охорони праці, які підлягають впровадженню, що забезпечує отримання оптимального розподілу економічних ресурсів на машинобудівних виробництвах, шляхом застосування математичного інструментарію параметричного програмування.

4. Виконано оцінку економічної ефективності впровадження заходів з охорони праці з запобігання аварій на машинобудівних підприємствах, що зменшує збитки в середньому на 10 %.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота присвячена подальшому розробленню й удосконаленню моделей та засобів управління охороною праці в галузі машинобудування України.

Проведені наукові дослідження дали змогу отримати наступні основні результати та висновки.

1. Проаналізовано діючі нормативні документи України та директиви ЄС щодо функціонування системи управління охороною праці та визначено особливості їх впровадження в машинобудівній галузі. Встановлено, що незважаючи на тенденцію зниження виробничого травматизму в цілому по Україні, за останні 6 років щорічно на машинобудівних підприємствах в середньому травмовано 330 працівників, з них 20 – зі смертельними наслідками, а середнє занчення показника виробничого травматизму становить 1,3.

2. Запропоновано спосіб вирішення актуального завдання – підвищення рівня ефективності управління охороною праці, який ґрунтується на методології бенчмаркінгу з використанням методу головних компонент, методу ABC-аналізу, закону Парето, правил ранжування Борда та Копленда. Математично доведено, що впровадження даної методології дає можливість зменшити показник виробничого травматизму на 20,1 %.

3. На основі методу експертних оцінок виокремлено дванадцять найбільш вагомих причин виробничого травматизму та встановлено їх рангову послідовність. За методом головних компонент визначено коефіцієнти кореляції між основними причинами виникнення нещасних випадків, що дало змогу формалізувати оптимізаційні розрахунки щодо заходів з охорони праці.

4. Визначено основні причини виникнення нещасних випадків на основі закону Парето та ABC-аналізу, серед яких: невиконання вимог інструкцій з охорони праці; незадовільний технічний стан виробничих об'єктів, будинків, споруд, території; невиконання посадових обов'язків; порушення вимог безпеки під час експлуатації транспортних засобів, устаткування, машин, механізмів



тощо; порушення технологічного процесу. Встановлено їх послідовність за ступенем важливості.

5. Запропоновано впровадити коефіцієнт конкордації як критерій узгодженості результатів, який отримано за методами головних компонент і *ABC*-аналізу. Визначено, що коефіцієнт конкордації дорівнює 0,92, що свідчить про адекватність та ідентичність запропонованих методів.

6. Визначено, що показники виробничого травматизму, небезпечності виробничого обладнання, умов праці, небезпечності технологічних процесів, забезпечення засобами індивідуального захисту є найсуттєвішими. На основі статистичної інформації цих показників методами Борда і Копленда упорядковано 44 машинобудівні підприємства України, що дало змогу визначити їх рейтинг і безпосередньо впровадити методологію бенчмаркінгу.

7. Зіставлено результати методів головних компонент, *ABC*-аналізу, ранжування виробництв, що дало можливість розробити заходи зі зниження рівня виробничого травматизму та запобігти впровадженню неефективних заходів.

8. Удосконалено метод цілочисельної покрокової оптимізації на основі методу динамічного програмування з урахуванням обмежень і дискретності вихідної інформації. Цільова функція скерована на мінімізацію показників виробничого травматизму, небезпечності виробничого обладнання та ризику виробничого травматизму. Математично доведено, що впровадження методології бенчмаркінгу на ПАТ «Роменський завод «Тракторозапчастина» зменшить показник виробничого травматизму на 9,8 %, а високий ступінь ризику виробничого травматизму ( $4 \cdot 10^{-5}$ ) знизиться до середнього ( $1,2 \cdot 10^{-6}$ ).

9. Методику бенчмаркінгу та сформульовані практичні рекомендації з охорони праці було впроваджено на ПрАТ «АвтоКрАЗ», що дало можливість підвищити ефективність організаційних і управлінських рішень завдяки їх цільовій орієнтації.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. М. О. Лисюк, В. М. Рєпін, "Проблеми впровадження результатів наукових досліджень і розробок у сфері охорони праці", *Проблеми охорони праці в Україні*, № 16, с. 3-8, 2009.
2. О. В. Малихін, "Порівняльний аналіз вимог чинного законодавства України та методів економічного стимулювання роботодавців щодо створення безпечних умов праці", *Інформаційний бюлетень з охорони праці*, № 22, с. 49-55, 2009.
3. К. Н. Ткачук, О.Є. Кружилко, "Прогнозування виробничого травматизму: монографія". Київ, Україна: Основа, 2014.
4. Європейський Парламент та Рада Європейський союз. (2009, Вер. 16). *Директива Ради №2009/104/ЄС, щодо мінімальних вимог до безпеки та охорони здоров'я при використанні працівниками робочого обладнання на роботі*. [Електронний ресурс]. Доступно: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/745-2015-%D1%80>.
5. Кабінет Міністрів України. (2012, Лют. 28). *Розпорядження №156-р, Про затвердження плану заходів щодо виконання у 2012 році Загальнодержавної програми адаптації законодавства України до законодавства Європейського Союзу*. [Електронний ресурс]. Доступно: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/156-2012-%D1%80>.
6. О. С. Ільчук, О. В. Солнцев, "Обґрунтування раціональності імплементації директиви 2009/104/ЄЕС в дійсне законодавство України", *Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки: Збірник матеріалів Тринадцятої Всеукраїнської науково-методичної конференції*, Київ, 2015, с. 117-120.
7. Верховна Рада України. (1992, Жовт. 14). *Закон України про охорону праці*. [Електронний ресурс]. Доступно: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>.

8. Кабінет Міністрів України. (2004, Трав. 26). *Постанова № 687, Про затвердження Порядку проведення огляду випробування та експертного обстеження (технічного діагностування) машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки.*
9. Б. І. Адасовський, "Системний підхід до моделювання моніторингу екологічної системи". *Наукові вісті Галицької академії*, №2(16), с. 87-95, 2009.
10. О. І. Амоша та ін., *Методичні положення зі стимулювання охорони праці.* Донецьк: ІЕП НАН України, 2000.
11. А. И. Амоша, *Экономические методы улучшения условий и охраны труда.* Донецк: Институт экономики промышленности НАН Украины, 1996.
12. В. В. Березуцький, "Безпека життєдіяльності людини, практика її забезпечення". *Безпека життєдіяльності: Всеукраїнський науково-популярний журнал*, №12, с. 26-29, 2005.
13. А. О. Водяник, "Методологічні основи врахування фактора ризику в профілактиці виробничого травматизму", автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук, ННДПБОП, Київ, 2008.
14. А. О. Водяник, "Теоретичні узагальнення щодо механізмів виникнення нещасного випадку на виробництві", *Проблеми охорони праці в Україні*, № 8, с. 8-20, 2006.
15. О. В. Войналович, І. М. Подобєд, "Підходи до оцінювання сезонності виробничого травматизму в аграрному секторі економіки України", *Проблеми охорони праці в Україні*, № 10, с. 39-46, 2005.
16. О. В. Войналович, І. М. Подобєд, "Залежність рівня виробничого травматизму від порушень вимог з охорони праці потерпілими при виконанні сільськогосподарських робіт", *Проблеми охорони праці в Україні*, № 11, с. 27-37, 2006.
17. Г. Г. Гогіташвілі, *Управління охороною праці на підприємстві.* Львів, Україна: Вища школа, 1991.

18. Г. Г. Гогіташвілі, Н. В. Ступницька, "Про профілактику виробничого травматизму на машинобудівному підприємстві", *Вісник Державного Університету «Львівська Політехніка»*, № 290, с. 6-8, 1995.
19. В. І. Голінько, М. В. Шибка, *Система управління охороною праці в Дніпропетровській області*. Дніпропетровськ, Україна: «Арт-Прес», 1999.
20. О. І. Запорожець, В. І. Казанець, "Безпечні життєві показники на борту літака для пасажирів та екіпажу", *Вісник НАУ*, №2, с. 80-82, 2009.
21. О. И. Кашуба, Н. Б. Левкин, Е. А. Спиридонов, М. С. Ковчужный, "Анализ причин травматизма на шахтах Украины", *Вісник НТУУ „КПІ”*, №17, с. 168-173, 2008.
22. О. І. Кашуба, Ю. О. Іванов, Г. Ю. Іванов, "Застосування комплексу „КАГГ” для контролю оксиду вуглецю на вугільних шахтах", *Проблеми охорони праці в Україні*, №13, с. 60-69, 2007.
23. О. И. Кашуба, Ю. А. Иванов, Л. И. Скляров, "Контроль и предотвращение распространения взрывов метана и угольной пыли в горных выработках", *Проблемы охраны труда в Украине*, №14, с. 72-80, 2008.
24. М. В. Кривцов, М. В. Ігнатович, В. Г. Здановський, "Досягнення та перспективи наукових досліджень щодо безпечного поводження з вибуховими матеріалами", *Проблеми охорони праці в Україні*, №16, с. 8-16, 2009.
25. Ю. І. Шульга, В. Г. Здановський, М. В. Кривцов, "Системи безпеки шахт України, їхні можливості та перспективи", *Проблеми охорони праці в Україні*, №18, с. 3-11, 2010.
26. Г. Н. Крикунов, А. С. Беликов, В. Ф. Залунин, *Безопасность жизнедеятельности*. Днепропетровск, Украина: «Пороги», 1992.
27. О. Є. Кружилко, "Алгоритм підготовки управлінських рішень на основі комбінованого методу оцінки ризику виробничого травматизму", *Наукові праці Національного університету харчових технологій*, т.22, №3, с. 140-149, 2016.

28. О. Є. Кружилко, В. В. Майстренко, К. Н. Ткачук, О. І. Полукаров, "Управління ризиком травматизму на виробничих підприємствах", *Проблеми охорони праці в Україні*, №26, с. 3-8, 2013.
29. О. Є. Кружилко, "Наукові засади оперативного управління охороною праці", автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук, ННДІПБОП, Київ, 2011.
30. П. К. Кучеба, "Організаційно-економічні основи управління охороною праці у вугільній промисловості", автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук, Дніпропетровськ, 1999.
31. П. К. Кучеба, "Научные основы экономического управления условиями труда", *Економічний вісник НГА України*, т.2, с. 140-149, 2016.
32. П. К. Кучеба, "Основные экономические аспекты управления охраной труда", *Охрана труда*, № 7, с. 17-19, 1997.
33. П. К. Кучеба, *Проблемы охраны труда в новых условиях хозяйствования*, Донецк: ИЭП НАН Украины, 1998.
34. О. Є. Лапшин, О. В. Пищикова, "Підвищення ефективності заходів з охорони праці на гірничих підприємствах Кривбасу методом експертних оцінок", *Проблеми охорони праці в Україні*, № 5, с. 21-25, 2002.
35. О. Є. Лапшин, О. В. Пищикова, "Апріорний аналіз вибору факторів для оцінки заходів з охорони праці на гірничих підприємствах Кривбасу методом експертних оцінок", *Проблеми охорони праці в Україні*, № 7, с. 19-25, 2003.
36. Н. А. Лысюк, А. Е. Водяник, "Повышение эффективности профилактики производственного травматизма на основе учета фактора риска", на *научно-практической конференции „Экономика охраны труда”*, Москва, 2005, с. 71-72.
37. М.О. Лисюк, "Культура охорони праці на підприємстві", *Охорона праці*, № 11, с. 12-13, 2010.
38. К. Н. Ткачук, О. Г. Левченко, "Системний аналіз проблем мінімізації ризику травмування на виробництві", *Вісник Національного технічного університету України "КПІ". Серія "Гірництво"*, № 16, с. 130-137, 2008.

39. Н. В. Володченкова, О. В. Хіврич, О. Г. Левченко, "Методика оцінювання ефективності функціонування системи управління охороною праці підприємства", *Вісник Національного технічного університету України "КПІ". Серія "Гірництво"*, № 26, с. 121-130, 2014.
40. О. Г. Левченко, "Система управління охороною праці на виробництві", *Сварщик*, №6, с. 34-36, 2014.
41. О. Г. Левченко, "Система управління охороною праці на виробництві", *Сварщик (Продовження. Початок в № 6 – 2014)*, №1, с. 36-39, 2015.
42. О. Г. Левченко, "Функції управління охороною праці на виробництві", *Сварщик*, №2, с. 37-41, 2015.
43. О. Г. Левченко, "Аналіз умов праці на підприємстві", *Сварщик*, №6, с. 37-39, 2015.
44. О. Г. Левченко, Ю. А. Полукаров, "Системы менеджмента гигиены и безопасности труда: область применения, требования и оценка рисков", *Сварщик*, №2, с. 46-48, 2016.
45. О. Г. Левченко, Ю. А. Полукаров, "Системы менеджмента гигиены и безопасности труда: специфика внедрения и функционирования", *Сварщик*, №3, с. 37-39, 2016.
46. О. Г. Левченко, Ю. А. Полукаров, "Системы менеджмента гигиены и безопасности труда: расследование инцидентов и аудит", *Сварщик*, №4, с. 33-35, 2016.
47. О. Г. Левченко, Ю. А. Полукаров, "Применение динамического программирования для планирования управленческих решений по охране труда на предприятии", *Сварщик*, №5, с. 43-44, 2016.
48. И. А. Лучко, А. Е. Водяник, "Дифференцирование тарифов в страховании несчастных случаев на производстве", на *Международной научно-практической конференции «Проблемы геогидромеханики в горном деле и строительстве»*, Москва, 1996, с. 82-84.

49. М. Б. Льовкін, "Розробка науково-організаційних методів запобігання аваріям та травматизму на основі встановлення закономірностей їх проявлення у вугільних шахтах України", автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук, Макіївка, 2003.

50. Э. Н. Медведев, Н. Б. Левкин, "Методика прогноза травматизма при авариях на угольных шахтах. Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах", *Сб. научн. тр. МакННН*, с. 209-217, 2001.

51. І. М. Подобєд, "До питання зменшення виробничого травматизму та професійних захворювань в АПК", *Інформаційний бюллетень з охорони праці Національного НДІ охорони праці*, №4, с. 23-27, 2006.

52. І. М. Подобєд, "Профілактика виробничих небезпек-запорука зменшення травматизму в аграрному секторі економіки України", *Інформаційний бюллетень з охорони праці Національного НДІ охорони праці*, №1, с. 21-24, 2007.

53. А. Г. Ревук, "Научные основы повышения эффективности системы управления охраной труда авиапредприятия", автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук, Київ, 1995.

54. А. Г. Ревук, Ю. Е. Шамарин, "Основные структурные схемы автоматизированной системы управления охраной труда предприятия", *Проблемы охраны труда и окружающей среды при аттестации и рационализации рабочих мест авиаспециалистов*, с. 3-9, 1993.

55. С.О. Сторчак, "Власника треба заохочувати економічно до безпечної роботи", *Голос України*, №161, 2009.

56. С.О. Сторчак, "Нашу роботу на перший погляд не видно, але за нею – спокій країни", *Дзеркало тижня*, №33, 2009.

57. К. Н. Ткачук, О. Є. Кружилко, Н. А. Праховнік, *Застосування інформаційних систем в галузі охорони праці*. Київ, Україна: Експодата, 2004.

58. К. Н. Ткачук та ін., *Методика визначення соціально - економічної ефективності заходів щодо поліпшення умов і охорони праці*. Київ, Україна: Основа, 1999.

59. К. Н. Ткачук, Г. Г. Лесенко, І. А. Лучко, "Про заходи економічного впливу на стан охорони праці та умови їх ефективного функціонування", *Проблеми охорони праці в Україні*, №1, с. 12-17, 1998.
60. К. Н. Ткачук, М. О. Лисюк, В. М. Репін, "Класифікація тематичних напрямків галузі охорони праці", *Охорона праці*, №11, с. 33-34, 1996.
61. С. П. Ткачук, В. М. Перлий, В. И. Голинько, *Информационное обеспечение системы управления охраной труда*. Київ, Україна: Основа, 1997.
62. С. П. Ткачук, "Стан і перспективи науково-технічного забезпечення охорони праці", *Проблеми охорони праці в Україні*, с. 3-7, 1998.
63. С. П. Ткачук, "Оценка результатов внедрения средств автоматизации в Госнадзорохрантруда", *Автошляховик України*, №4, с. 15-17, 1999.
64. С. П. Ткачук та ін., Методичні рекомендації по визначенню напрямів ефективного вкладення коштів в охорону праці на підприємстві. Київ, Україна: Основа, 1999.
65. К. Н. Ткачук та ін., *Охорона праці*. Київ, Україна: Основа, 1998.
66. В.Ц. Жидецький, В. С. Джигерей, О.В. Мельников, *Охорона праці. Навчальний посібник*. Львів, Україна: Афіша, 2000.
67. К. Н. Ткачук та ін., *Основи охорони праці: Підручник*. Київ, Україна: Основа, 2006.
68. О. Г. Левченко, О. С. Ільчук, "Аналіз задач ефективності управління охороною праці на виробництві", *Енергетика. Екологія. Людина: Зб. наук. праць IX міжнар. наук.-техн. конф. Інституту енергозбереження та енергоменеджменту КІП ім. Ігоря Сікорського*, Київ, 2017, с. 268-273.
69. Л. Е. Басовский, В. Б. Протасьев, *Управление качеством*. Москва, Россия: ИНФРА-М, 2001.
70. Б. Г. Артемьев, С. М. Голубов, *Справочное пособие для работников метрологических служб*. Москва, Россия: Изд-во стандартов, 1982.
71. О. Г. Левченко, О. С. Ільчук, "Оцінювання ефективності управління охороною праці з використанням правил ранжування за показниками впливу на рівень їх виробничого травматизму", *Актуальні питання сучасної науки (Частина*



II): *Мат. III Міжнар. наук.-практ. конф.*, Київ, 2017, с. 41-43.

72. А.И.Орлов, *Нечисловая статистика*. Москва, Россия: МЗ-Пресс, 2004.

73. П. П. Долгов, И. Е. Нелидов, И. М. Савин, *Электроэнергетический комплекс. Экономический анализ и оптимальные решения*. Харьков, Украина: Вища школа, 1985.

74. Г. Б. Гасанов, *Рейтинговая оценка и регулирование деятельности распределительных электрических сетей в условиях нечеткости*. Львов, Украина: Львівська політехніка, 2006.

75. О. Г. Левченко, О. С. Ильчук, "Аналіз та оцінка стану виробничого травматизму в галузі машинобудування", *Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний університет". Серія "Гірництво": збірник наукових праць*, № 30, с. 171-176, 2016.

76. О. Г. Левченко, О. С. Ильчук, "Проблеми виробничого травматизму в галузі машинобудування", *Інноваційний розвиток гірничодобувної галузі: Зб. мат. міжнар. наук.-техн. інтернет-конференції*, Кривий Ріг, 2016, с. 172.

77. О. М. Климова, К. Н. Касьянов, "Обоснование комплексного подхода при оценке влияния вредных производственных факторов на работников машиностроительных предприятий", *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля*, №6, с. 181-183, 2008.

78. О. М. Гунченко, К. М. Касьянова, "Дослідження проблеми вибору рішень в системі управління охороною праці (СУОП) машинобудівного підприємства", *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля*, №6, с. 161-165, 2008.

79. Н. В. Ступницька, "Підвищення ефективності планування заходів запобігання виробничому травматизму на підприємствах машинобудування", дис. канд. техн. наук, Львів, 1999.

80. О. Є. Кружилко, "Удосконалення комплексної оцінки стану охорони

праці на підприємствах", автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук, ННДІПБОП, Київ, 2001.

81. Л. О. Мітюк, О. С. Ільчук, "Основні причини виникнення нещасних випадків на виробництві за 2012 рік", *Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки: Збірник матеріалів Восьмої науково-методичної конференції*, Київ, 2013, с. 111-116.

82. Л. О. Мітюк, О. С. Ільчук, Т. М. Таїрова, О. В. Новіков, "Стан виробничого травматизму в Україні за 2012 рік", *Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки: Збірник матеріалів Восьмої науково-методичної конференції*, Київ, 2013, с. 117-122.

83. Л. О. Мітюк, О. Ю. Арламов, О. С. Ільчук, "Динаміка виробничого травматизму в Україні за 2012 рік", *Збірка тез доповідей XVI Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих учених «Екологія. Людина. Суспільство»*, Київ, 2013, с.193.

84. Л. О. Мітюк, О. С. Ільчук, Т. М. Таїрова, Н. С. Мацюк, "Особливості впливу професій на рівень травматизму в Україні", *Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки: Збірник матеріалів Дев'ятої науково-методичної конференції*, Київ, 2013, с. 163-165.

85. Л. О. Мітюк, О. С. Ільчук, Т. М. Таїрова, Т. С. Мацюк, "Аналіз причин нещасних випадків на виробництві за 9 місяців 2013 року", *Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки: Збірник матеріалів Дев'ятої науково-методичної конференції*, Київ, 2013, с. 166-168.

86. Л. О. Мітюк, О. С. Ільчук, Т. М. Таїрова, Н. О. Довгопола, "Аналіз причин нещасних випадків на виробництві за 2013 рік, що призвели до смертельних і тяжких наслідків", *Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки: Збірник матеріалів Десятої Всеукраїнської науково-методичної конференції*, Київ, 2014, с. 118-121.

87. О. Мітюк, О. С. Ільчук, Н. А. Родюк, "Аналіз виробничого травматизму в Україні за 2013 рік", *Збірка тез доповідей XVII Міжнародної*

науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих учених "Екологія. Людина. Суспільство", Київ, 2014, с. 148.

88. Л. О. Мітюк, О. С. Ільчук, Т. М. Таїрова, Ю. О. Хомуїло, І. Ю. Жук, "Стан виробничого травматизму в Україні за 2014 рік", *Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки: Збірник матеріалів Дванадцятої Всеукраїнської науково-методичної конференції*, Київ, 2015, с. 274-277.

89. Л. О. Мітюк, О. С. Ільчук, О. О. Блонський, В. О. Кузьмін, "Динаміка виробничого травматизму в Україні за 2014 рік", *Збірка тез доповідей XVIII Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих учених "Екологія. Людина. Суспільство"*, Київ, 2015, с. 176.

90. Л. О. Мітюк, О. С. Ільчук, Б. Ю. Бондар, "Динаміка виробничого травматизму в Україні за 2015 рік", *Матеріали XIX Міжнародної науково-практичної конференції "Екологія. Людина. Суспільство"*, Київ, 2016, с. 151.

91. Л.В. Дементій, С.А. Гончарова, *Охорона праці в механічних та складальних цехах*. Краматорськ, Україна: ДДМА, 2005.

92. О. С. Ільчук, "Бенчмаркінг охорони праці для машинобудівних виробництв України", *Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". Серія "Гірництво"*: збірник наукових праць, № 34, с. 60-65, 2017.

93. J.R. Bright, "Some Management Lessons from Technological Innovation Research", *National Conference on Management of Technological Innovation. – University of Bradford Management Centre*, 208 p., 1988.

94. В. П. Розен, Б. Л. Тишевич, П. В. Розен, "Методологія бенчмаркінгу енергоефективності для промисловості України", *Енергосбережение. Энергетика. Энергоаудит = Energy saving. Power engineering. Energy audit*, № 6, с. 9-19, 2012.

95. R. Camp, «Benchmarking: The Search for Industry best Practice», New York: ASQC Press, 1988.

96. О. С. Ільчук, "Бенчмаркінг охорони праці в галузі машинобудування", № 73525, 21.08.2017.

97. О. С. Ільчук, В. П. Розен, "Індикативний аналіз рівня травматизму на виробництві", *Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний університет"*. Серія «Гірництво»: збірник наукових праць, № 26, с. 156-162, 2014.
98. Robert S. Kaplan, David P. Norton, *The Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action*. Boston, USA: Harvard Business Press, 1996.
99. О. Г. Мельник, *Діагностика діяльності машинобудівного підприємства на засадах системи економічних індикаторів*. Львів, Україна: Видавництво ДП "Видавничий дім" "Укрпол", 2009.
100. Ryszard Zuber, *Zarządzanie rozwojem przedsiębiorstwa. Teoria i praktyka*. Warszawa: Difin, 2008.
101. Г. Я. Дудка, *Педагогіка, математика, економіка : [словник базових термінів]*. Київ, Україна: УБС НБУ, 2009.
102. А. Н. Рудык, "Применение экологических индикаторов для оценки экологической ситуации в Автономной Республике Крым", *Геополитика и экогеодинамика регионов*, т. 4, №1-2, с.95-105, 2008.
103. В. С. Тарасенко, А. М. Артов, Э. М. Березовский, "Оценочные индикаторы устойчивого развития", *Крым в параметрах устойчивого развития*, с. 79-97, 2008.
104. Г. О. Стащюк, "Індикатори сталого розвитку міста та їх зв'язок з міжнародними оцінками (ESI – 2005)", на *Міжнародній науково-практичній конференції «І-й Всеукраїнський з'їзд екологів»*, Вінниця, 2006, с. 111-115.
105. С. М. Гончаров, *Тлумачний словник економіста : [навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл.]*. Київ, Україна: Центр учб. л-ри, 2009.
106. Рингач Н.О. та ін., *Смертність населення України у трудоактивному віці*. Київ, Україна: Ін-т демографії та соціальних досліджень НАН України, 2007.
107. Л. А. Чепелевська, Н.О. Рингач, "Роль прогнозу смертності населення працездатного віку в удосконаленні організації медичної допомоги в Україні",

*Матеріали VIII Конгресу СФУЛТ, Львів, 2000, с. 25-26.*

108. К. В. Милюхин, В. А. Петров, *Охрана труда: учебное пособие*. Чебоксары, Россия, 2015.

109. *Статистичний щорічник України*. [Електронний ресурс]. Доступно: [https://ukrstat.org/uk/druk/publicat/kat\\_u/publ1\\_u.htm](https://ukrstat.org/uk/druk/publicat/kat_u/publ1_u.htm).

110. Ю. І. Кундієв, А. М. Нагорна, Л. О. Добровольський, "Порівняльна характеристика стану професійного захворювання в Україні і світі", *Український журнал з проблем медицини праці*, №2, с. 1-3, 2009.

111. Н.Ф. Измеров, Э. И. Денисов, *Профессиональный риск для здоровья работников: Руководство*. Москва, Россия: Тровант, 2003.

112. *Дослідження зв'язку показників наглядової діяльності з рівнем виробничого травматизму*. Київ, Україна: ННДПБОП, 2007.

113. А. О. Водяник, "Метод оцінювання впливу державного нагляду за охороною праці на стан виробничого травматизму", *Проблеми охорони праці в Україні*, № 13, с. 7-17, 2007.

114. О. Є. Кружилко, "Аналітичне оцінювання взаємного впливу показників наглядової діяльності та показників смертельного травматизму", *Проблеми охорони праці в Україні*, № 16, с. 30-37, 2009.

115. Н. В. Романенко, "Методика аналізу виробничого травматизму з урахуванням показників функціональної діяльності інспекторів з нагляду за охороною праці", *Проблеми охорони праці в Україні*, № 17, с. 17-26, 2009.

116. М. В. Вертеленко, "Методичні підходи до оцінки ризику впливу шкідливих і небезпечних виробничих чинників на професійне здоров'я", *Український журнал з проблем медицини праці*, №2, с. 72-77, 2007.

117. В. Е. Максимкин, "Экономический рост и производительность труда", *Улучшение условий, охраны труда и повышение производительности*, ВЦОПТ, 1997.

118. О. О. Лапшин, О.Є. Лапшин, "Сучасний підхід щодо впровадження комплексної системи оцінки ризиків на підприємствах гірничо-металургійного комплексу", *Проблеми охорони праці в Україні*, №29, с.16-27, 2015.

119. Л. А. Гинис, А. Г. Чернов, "Применение технологии когнитивного анализа для выработки тарифной политики", *Искусственный интеллект*, №3, с. 360-369, 2005.
120. Ф. С. Робертс, *Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам*. Москва, Россия: Наука, 1986.
121. *Експертні методи прийняття управлінських рішень*, [Електронний ресурс]. Доступно: <http://ni.biz.ua/12-1/498.html>.
122. Л. П. Рузинов, *Статистические методы оптимизации химических процессов*. Москва, Россия: Химия, 1972.
123. В. П. Розен, В.І. Волинець, "Факторний аналіз ефективності споживання електричної енергії вугільних шахт", *Техн. електродинаміка*, №4, с.61-64, 2008.
124. О. С. Ільчук, "Використання методу головних компонент у дослідженні виробничого травматизму України", *VII міжнародна науково-технічна конференція "Енергетика. Екологія. Людина". Наукові праці НТУУ "КПІ"*, Київ, 2016, с. 342-349.
125. Д. В. Трифонов, "Моделі та методи підвищення ефективності використання електроенергії у виробничих системах", автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук, Інститут загальної енергетики НАН України, Київ, 1998.
126. А. М. Дубров, В.С. Мхитарян, Л.И. Трошин, *Многомерные статистические методы и основы эконометрики*. Москва, Россия: МЭСИ, 2002.
127. В. И. Гнатюк, М. А. Никитин, Д. В. Луценко, О. Р. Кивчун, "Прогнозирование электропотребления методом анализа главных компонент", *Электрика*, №3, с. 41-46, 2007.
128. С. А. Айвазян, *Прикладная статистика и основы эконометрики*. Москва, Россия: Юнити, 1998.
129. Т. В. Анчарова, З. К. Хабдуллина, "Определение значимых факторов,

влияющих на электропотребление в электротехнической промышленности", *Промышленная энергетика*, №4, с. 21-24, 1993.

130. В. Н. Калинина, В. И. Соловьев, *Введение в многомерный статистический анализ*. Москва, Россия: ГУУ, 2003.

131. W. Gilchrist, *Statistical Forecasting*. London: John Wiley & Sons, 2001.

132. S. Makridakis, S. Wheelwright, R. Hyndman, *Forecasting: methods and applications*. NY, USA: John Wiley & Sons, 1998.

133. A. Mennon, K. Mehrota, C. K. Mohan, S. Ranka, "Characterization of class of sigmoid functions with applications to neural networks", *Neural networks*. №9, p. 819-835, 1996.

134. W. Pedrycz, C. W. Lam, A. Roch, "Distributed Fuzzy System Modeling", *IEEE Transactions on System, Man and Cybernetics*, №5, p. 41-43, 1995.

135. Alvin C. Rencher, *Methods of multivariate analysis*. NY, USA, 2002.

136. В. П. Розен, Л. В. Давиденко, В. І. Волинець, "Визначення структури факторів, що впливають на електроспоживання підприємств вугільної галузі", *Вісник національного університету «Львівська політехніка»*, № 666, с. 61–69, 2010.

137. Л. Н. Добровольська, В. І. Волинець, "Аналіз ефективності електроспоживання технологічних комплексів вугільних шахт", *Технологічні комплекси*, №2, с. 119-123, 2014.

138. А. А. Халафян, *STATISTICA 6. Статистический анализ данных*. Москва, Россия: Бином-Пресс, 2007.

139. К. Иберла, *Факторный анализ*. Москва, Россия: Статистика, 1980.

140. О. Г. Левченко, О. С. Ільчук, "Застосування методу АВС-аналізу та закону Парето до аналізування виробничого травматизму в галузі машинобудування", *Проблеми охорони праці в Україні*, №33, с.74-79, 2017.

141. Ю. А. Цыпкин, А.Н. Люкшинов, Н.Д. Эрнашвили, *Учеб. пособие для вузов*. Москва, Россия: ЮНРПИ-ДАНА, 2001.

142. Г. Г. Гогіташвілі, Є. Т. Карчевські, В. М. Лапін, *Управління охороною*

праці та ризиком за міжнародними стандартами: Навч. посіб. Київ, Україна: Знання, 2007.

143. В. Н. Миц, Р. С. Грих, "Формирование опасностей, место и роль мер и средств защиты в предупреждении аварий", *Безопасность труда в промышленности*, №10, с. 37-39, 1970.

144. Ф. И. Евдокимов, Г. В. Саенко, Б. А. Грядущий, *Оценка безопасности технологических процессов*. Київ, Україна: Техніка, 1992.

145. В. Н. Миц, Р. С. Грих, А. Л. Галушко, И. Т. Чуйко, "Графоаналитический метод определения причин несчастного случая", *Безопасность труда в промышленности*, №5, с. 24-26, 1973.

146. В.Ю. Деревянский, "Оценка влияния средств защиты на уровень безопасности шахтных производственных систем", *Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах. Сборник научных трудов МакНИИ*, №2(24), с. 139-149, 2009.

147. М. Кристофер, *Логистика и управление цепочками поставок*. Санкт-Петербург, Россия: Питер, 2005.

148. Н. П. Сивохина, В. Б. Родинов, Н. М. Горбунов, *Логистика*. Москва, Россия: ООО «Издательство АСТ», ЗАО «РИК Русанова», 2000.

149. О. Г. Левченко, О. С. Ільчук, "Поняття рейтингової оцінки та ранжування ефективності управління охороною праці на виробництві в галузі машинобудування", *Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки: Зб. мат. Шістнадцятої Всеукраїнської наук.-метод. конф.*, Київ, 2017, с. 170-173.

150. О. Г. Левченко, О. С. Ільчук, "Формування принципів побудови рейтингу рівня виробничого травматизму в галузі машинобудування", *Інноваційний розвиток гірничодобувної галузі: Зб. мат. II міжнар. наук.-техн. інтернет-конференції*, Київ, 2017, с. 194.

151. В. А. Полторац, *Маркетингові дослідження: Навчальний посібник*. Київ, Україна: Центр навчальної літератури, 2003.



152. Т. А. Побочий, "Підвищення ефективності енерговикористання на об'єктах систем тепlopостачання". [Електронний ресурс]. Доступно: [http://knowledge.allbest.ru/physics/2c0a65635b2bd69a5c53b88521216c37\\_1.html](http://knowledge.allbest.ru/physics/2c0a65635b2bd69a5c53b88521216c37_1.html).
153. Р. Л. Дафт, *Менеджмент (Серия «Теория и практика менеджмента»)*. Санкт-Петербург, Россия: Издательство «Питер», 2000.
154. М. Ковалева, "Рейтинг бьет рекорды", *Практический маркетинг*, №38, с. 3, 2004.
155. Л. И. Лопатников, *Экономико-математический словарь. Словарь современной экономической науки*. Москва, Россия: "Дело", 2003.
156. *Методика прогноза рейтингов на региональном телевидении и расчет эффективности рекламной кампании*. Москва, Россия: Видео Интернешнл – Трэнд, 2004.
157. А. В. Горбач, М. М. Ковалев, "Как определяются международные рейтинги государств", *Вестн. ассоц. бел. банков*, №33, с. 25-28, 2000.
158. Б. Д. Фишбейн, *О методологии рейтинг-оценивания деятельности кафедр высшего учебного заведения*. Самара, Россия: СамГАПС, 2004.
159. *Методика визначення рейтингів університетів України*, Київ, Україна: НТУУ «КПІ», 2006.
160. Б. Г. Миркин, *Проблема группового выбора*, Москва, Россия: Наука, 1974.
161. М. М. Ковалев, И. Т. Шибеко, "Методики расчета банковских рейтингов", *Банкаўскі веснік*, №6, с. 30-39, 1999.
162. А. М. Кротков, Ю. Я. Еленева, "Конкурентоспособность предприятия: подходы к обеспечению, критерии, методы оценки", *Маркетинг в России и за рубежом*, №6, 2001.
163. И. Пугач, А. Назарова, Н. Сугуралиева, "Взгляд на промышленность сквозь призму крупнейших предприятий", *Интернет версия журнала "Экономическое обозрение"*. [Електронний ресурс]. Доступно: <http://www.review.uz>.

164. А. В. Савина, "Роль рейтингов при оценке конкурентоспособности предприятий", *Практический маркетинг*, №8, с.7-11, 2006.
165. Э. А. Уткин, *Финансовое управление*. Москва, Россия: Ассоциация авторов и издателей «Тандем». Издательство ЭКМОС, 1997.
166. Е. А. Ананькина и др., *Контроллинг как инструмент управления предприятием*. Москва, Россия: Аудит, ЮНИТИ, 1998.
167. Э. Мулен, *Корпоративное принятие решений: аксиомы и модели*. Москва, Россия: Мир, 1991.
168. М. М. Ковалев, Л. Н. Нехорошева, "Новые инновационные структуры", *Вестник БГЭУ*, №1, с. 54-69, 1995.
169. М. М. Ковалев, А. Н. Курбацкий, Н. И. Листопад, "Экспертная система анализа тендерных предложений компьютерного оборудования и софтвера", *Вестник БГЭУ*, №1, с. 68-92, 1997.
170. О. Г. Левченко, О. С. Ильчук, "Математичне моделювання процесу оцінювання рівня ефективності управління охороною праці в галузі машинобудування", *Науковий журнал "Енергетика: економіка, технології, екологія"*, № 4, с. 170-175, 2017.
171. Ю. В. Міхеев, О. С. Ильчук, О. В. Божок, Ю. О. Хомуйло, "Концептуальні основи безпеки трудового процесу об'єкта господарської діяльності по критерію трудового збитку", *Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки: Збірник матеріалів Чотирнадцятої Всеукраїнської науково-методичної конференції*, Київ, 2016, с. 299-303.
172. О. Є. Кружилко, В. В. Майстренко, К. Н. Ткачук, О. І. Полукаров, "Аналітичне оцінювання взаємного впливу показників наглядової діяльності та показників смертельного травматизму", *Проблеми охорони праці в Україні*, № 26, с. 3-9, 2013.
173. О. С. Ильчук, Д. А. Комаров, "Захист працівників штампувальних цехів від шкідливого впливу шуму", *Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки: Збірник матеріалів П'ятнадцятої Всеукраїнської науково-методичної*

конференції, Київ, 2016, с. 100-103.

174. Верховна Рада України. (1992, Жовт. 14). *Закон України «Про охорону праці»*. [Електронний ресурс]. Доступно: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>.

175. Держспоживстандарт. (2009, Груд. 23). *ДСТУ ISO 17846-2009 «Охорона здоров'я і безпека у зварюванні та споріднених процесах. Символи попереджувальні для обладнання та матеріалів, використовуваних у дуговому зварюванні та різанні»*, [Електронний ресурс]. Доступно: <http://www.dnopr.com.ua/dnaop/act26288.htm>.

176. О. Г. Левченко и др., *Средства защиты сварщиков: Каталог*. Киев, Украина: Экотехнология, 2012.

177. Б.І. Адамовський, "Системний підхід до моделювання моніторингу екологічної системи", *Наукові вісті Галицької академії*, № 2 (16), с. 87-95, 2009.

178. В. П. Розен, А. И Соловей., А. В. Чернявский, М. А. Казмирук, "Планирование оптимального использования потенциала энергосбережения промышленных предприятий Украины", *Технічна електродинаміка*, № 5, с. 59-68, 2006.

179. Л. И. Нейкова, *Анализ эффективности технического перевооружения промышленных предприятий*. Москва, Россия: Финансы и статистика, 1990.

180. М. П. Ковалко, С. П. Денисюк, Ю. І. Шульга, О.В. Дитиненко, І. А. Примаченко, О. В. Ковальов, *Основні засади створення системи інформаційно-аналітичного забезпечення паливно-енергетичного комплексу України*, Київ, Україна: Українські енциклопедичні знання, 2000.

181. R. Koch, *The 80/20 Principle: The Secret of Achieving More with Less*, Currency PVBK., 1999.

182. В. В. Ковальчук, "Об оптимизации подходов к энергосбережению", *Энергосбережение*, № 1, с. 38-40, 2009.

183. О. Г. Левченко, О. С. Ільчук, "Оптимальне управління розподілом та перерозподілом економічних ресурсів при виборі проектів з охорони праці для

машинобудівних виробництв", *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія "Механіко-технологічні системи та комплекси": збірник наукових праць, № 44(1266), с. 151-157, 2017.

184. Ільчук О. С. "Застосування методу цілочисельної покрокової оптимізації для зниження виробничого травматизму", *Наукові доповіді НУБіП України. Серія "Техніка та енергетика АПК"*: збірник наукових праць, № 3 (73), 2018. [Електронний ресурс]. Доступно: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/issue/view/421>.

185. International Social Security Association: World Day for Safety and Health at Work, 2010. [Online]. Available: [http://www.issa.int/News-Events/News2/World-Day-for-Safety-and-Health-at-Work-28-April/\(language\)/eng-GB](http://www.issa.int/News-Events/News2/World-Day-for-Safety-and-Health-at-Work-28-April/(language)/eng-GB). Accessed on: April 28, 2010.

186. Подбор слагаемых для нужной суммы, [Електронний ресурс]. Доступно: <https://www.planetaexcel.ru/techniques/11/179/>.

187. Держспоживстандарт України. (2010, Груд. 27). *Системи управління гігієною та безпекою праці. Вимоги ДСТУ OHSAS 18001:2010*, [Електронний ресурс]. Доступно: [https://dnaop.com/html/34112/doc-%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3\\_OHSAS\\_18001\\_2010](https://dnaop.com/html/34112/doc-%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3_OHSAS_18001_2010).

188. Держспоживстандарт України. (2008, Квіт. 12). *ДСТУ 12.0.230:2008 «ССБП. Системи управління охороною праці. Загальні вимоги»*, [Електронний ресурс]. Доступно: [https://dnaop.com/html/32245/doc-%D0%9D%D0%9F%D0%90%D0%9E%D0%9F\\_24.1-1.34-13](https://dnaop.com/html/32245/doc-%D0%9D%D0%9F%D0%90%D0%9E%D0%9F_24.1-1.34-13).

189. Міністерства регіонального розвитку та будівництва України. (2009, Груд. 28). *ДСТУ Б А.3.2-12:2009 «Система стандартів безпеки праці. Системи вентиляційні. Загальні вимоги»*, [Електронний ресурс]. Доступно: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=25348](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=25348).

190. Кабінет Міністрів України. (2017, Жовт. 13). *ДСТУ EN 16231:2012 (EN 16231:2012, IDT) «Методологія бенчмаркінгу енергоефективності / Energy*

*efficiency benchmarking methodology*». [Електронний ресурс]. Доступно: <http://uas.org.ua/wp-content/uploads/2017/03/povid1-3.pdf>.

191. Європейський Парламент та Рада Європейський союз. (2007, Черв. 20). *Директива 89/391/ЄЕС «Про введення заходів, що сприяють поліпшенню безпеки та гігієни праці працівників»*. [Електронний ресурс]. Доступно: [http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/994\\_b23](http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/994_b23).

192. Європейський Парламент та Рада Європейський союз. (2009, Вер. 16). *Директива Ради 2009/104/ЄЕС щодо мінімальних вимог до безпеки та охорони здоров'я при використанні працівниками робочого обладнання на роботі*. [Електронний ресурс]. Доступно: [http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/994\\_b23](http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/994_b23).

193. Державний комітет України з нагляду за охороною праці. (2004, Лист. 15). *НПАОП 0.00-4.35-04 «Типове положення про службу охорони праці»*. [Електронний ресурс]. Доступно: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z1526-04>.

194. Державний комітет України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду. (2007, Бер. 21). *НПАОП 0.00-4.09-07 «Типове положення про комісію з питань охорони праці підприємства»*. [Електронний ресурс]. Доступно: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0311-07>.

195. Державний комітет України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду. (2007, Бер. 21). *НПАОП 0.00-4.11-07 «Типове положення про діяльність уповноважених найманими працівниками осіб з питань охорони праці»*. [Електронний ресурс]. Доступно: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/z0316-07>.

196. Державний комітет України по нагляду за охороною праці. (1993, Груд. 21). *НПАОП 0.00-6.03-93 «Порядок опрацювання і затвердження власником нормативних актів про охорону праці, що діють на підприємстві»*. [Електронний ресурс]. Доступно: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/z0020-94>.

197. Державний комітет України з нагляду за охороною праці. (2005, Січ. 26). *НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці»*. [Електронний ресурс]. Доступно: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/z0231-05>.

198. Держбуд України та Держнагляд охорони праці України. (1997, Лют. 27). *Положення про безпечну та надійну експлуатацію виробничих будівель і споруд, затвердженого спільним*. [Електронний ресурс]. Доступно: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/z0424-98>.

199. Кабінет Міністрів України. (1992, Серп. 01). *Порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці*. [Електронний ресурс]. Доступно: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/442-92-%D0%BF>.

200. Міністерство праці та соціальної політики України комітет по нагляду за охороною праці. (1998, Січ. 29). *НПАОП 0.00-4.15-98 «Положення про розробку інструкцій з охорони праці»*. [Електронний ресурс]. Доступно: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/z0226-98>.

201. Державний комітет України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду. (2008, Бер. 24). *НПАОП 0.00-4.01-08 «Положенням про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту»*. [Електронний ресурс]. Доступно: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0446-08>.

202. Кабінет Міністрів України. (2011, Лист. 30). *НПАОП 0.00-6.02-11 «Деякі питання розслідування та обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві»*. [Електронний ресурс]. Доступно: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1232-2011-%D0%BF>.

203. Кабінет Міністрів України. (2004, Трав. 26). *НПАОП 0.00-8.18-04 «Про затвердження Порядку проведення огляду, випробування та експертного обстеження (технічного діагностування) машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки»*. [Електронний ресурс]. Доступно: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/687-2004-%D0%BF>.

204. О. Г. Левченко, О. С. Ільчук, "Методика бенчмаркінгу охорони праці", № 78323, 13.04.2018.

205. О. Г. Левченко, О. С. Ільчук, "Оцінка економічних результатів впровадження заходів з охорони праці по запобіганню аварій на машинобудівних підприємствах", *Потенціал сучасної науки (Частина I): Мат. II Міжнар. наук.-*

*практ. конф.*, Київ, 2017, с. 34.

206. Державна Служба Статистики України, *Статистичний бюлетень*, [Електронний ресурс]. Доступно: [http://ukrstat.org/uk/druk/publicat/Arhiv\\_u/15/Arch\\_trav\\_bl.htm](http://ukrstat.org/uk/druk/publicat/Arhiv_u/15/Arch_trav_bl.htm).

207. А. А. Болкина. *Экономика безопасности: метод. указания*. Ухта, РФ: УГТУ, 2013.

## ДОДАТКИ



## Додаток А

### Експертна оцінка

Таблиця А.2.1 – Оцінки експертів причин виробничого травматизму за 12-и бальною шкалою

№ експерта/ Причини ВТ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X <sub>1</sub>	6	5	6	4	7	6	8	5	5	4
X <sub>2</sub>	8	9	9	7	8	9	7	8	10	8
X <sub>3</sub>	10	11	10	9	10	10	9	8	9	9
X <sub>4</sub>	8	7	8	6	9	7	8	7	7	8
X <sub>5</sub>	5	7	6	5	6	8	6	6	4	6
X <sub>6</sub>	2	3	1	2	2	1	1	3	3	2
X <sub>7</sub>	3	2	1	3	2	1	2	3	3	1
X <sub>8</sub>	5	4	4	5	3	4	6	6	5	4
X <sub>9</sub>	10	11	9	11	11	10	11	9	10	10
X <sub>10</sub>	8	8	9	8	9	9	10	8	8	10
X <sub>11</sub>	10	11	9	11	11	10	11	9	10	10
X <sub>12</sub>	11	11	10	11	11	9	11	10	11	10
X <sub>13</sub>	10	9	11	9	9	11	9	11	11	9
X <sub>14</sub>	6	6	7	5	6	8	7	6	5	6
X <sub>15</sub>	8	10	10	10	11	9	10	10	9	11
X <sub>16</sub>	5	5	4	6	5	3	5	6	4	4
X <sub>17</sub>	4	3	5	4	5	3	4	4	5	4
X <sub>18</sub>	4	3	4	6	5	4	4	3	4	3
X <sub>19</sub>	4	3	5	4	5	3	4	4	5	4
X <sub>20</sub>	8	7	8	7	6	8	8	7	7	8
X <sub>21</sub>	2	1	3	2	1	2	2	1	1	2
X <sub>22</sub>	7	7	6	8	7	6	7	6	8	7
X <sub>23</sub>	8	5	8	6	9	7	8	6	7	6
X <sub>24</sub>	3	2	4	3	2	3	3	2	2	3
X <sub>25</sub>	8	10	10	10	11	9	10	10	9	11
X <sub>26</sub>	10	11	9	11	11	10	11	9	10	10
X <sub>27</sub>	8	9	8	8	9	7	8	9	9	7
X <sub>28</sub>	8	8	9	8	9	9	10	8	8	10
X <sub>29</sub>	5	5	4	5	3	3	6	4	5	4
X <sub>30</sub>	9	5	6	5	4	4	6	5	6	5

Продовження таблиці А.2.1 – Оцінки експертів причин виробничого травматизму за 12-и бальною шкалою

№ експерта/ Причини ВТ	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
X <sub>1</sub>	7	7	8	6	4	5	4	8	6	7
X <sub>2</sub>	11	9	9	10	8	11	11	10	9	9
X <sub>3</sub>	8	10	10	11	8	10	9	10	10	9
X <sub>4</sub>	8	9	10	9	9	10	9	9	8	7
X <sub>5</sub>	7	8	7	5	4	5	4	7	6	8
X <sub>6</sub>	1	2	3	1	2	2	1	2	3	2
X <sub>7</sub>	1	3	3	2	1	3	1	1	2	2
X <sub>8</sub>	5	4	5	4	4	5	3	4	3	6
X <sub>9</sub>	8	9	9	7	8	9	7	8	10	8
X <sub>10</sub>	9	8	8	9	8	10	10	9	9	10
X <sub>11</sub>	10	9	11	9	9	11	9	11	11	9
X <sub>12</sub>	9	10	10	11	10	10	11	11	11	10
X <sub>13</sub>	10	11	9	11	11	10	11	9	10	10
X <sub>14</sub>	4	8	7	5	5	4	6	7	6	8
X <sub>15</sub>	10	11	10	11	10	9	11	10	9	10
X <sub>16</sub>	4	5	5	6	5	4	4	3	5	4
X <sub>17</sub>	4	5	4	6	5	4	3	3	5	4
X <sub>18</sub>	5	4	4	5	6	4	3	4	5	3
X <sub>19</sub>	5	3	5	4	4	3	4	4	3	5
X <sub>20</sub>	7	8	8	6	7	6	8	7	8	8
X <sub>21</sub>	1	1	2	1	2	1	1	2	2	1
X <sub>22</sub>	7	7	8	6	7	6	7	8	7	7
X <sub>23</sub>	8	9	10	7	9	7	9	10	8	9
X <sub>24</sub>	2	2	3	2	3	2	2	3	3	1
X <sub>25</sub>	11	11	10	9	10	11	10	10	9	10
X <sub>26</sub>	10	9	9	9	8	10	9	10	9	9
X <sub>27</sub>	8	7	7	6	8	9	8	8	7	7
X <sub>28</sub>	10	9	9	9	8	11	9	11	10	9
X <sub>29</sub>	5	4	5	4	4	3	3	4	3	4
X <sub>30</sub>	6	6	5	6	5	4	4	6	5	5

## Додаток Б

## Вихідні дані для дослідження та аналізування машинобудівних виробництв

Таблиця Б.3.1 – Змінні керування та кількість працівників на досліджуваних виробництвах

№ п/п	Змінні керування	Назва виробництва в галузі машинобудування	Кількість працівників
1	2	3	4
1	Y1	ВАТ "Турбоатом"	4773
2	Y2	Волочиський машинобудівний завод ПАТ "Мотор Січ"	27 053
3	Y3	ГП "Петровский завод угольного машиностроения"	316
4	Y4	ДП "Антонов"	12 000
5	Y5	ДП "Завод Електроважмаш"	5500
6	Y6	ДП "Завод ім. Малишева"	15 000
7	Y7	ДП "Конструкторське бюро "Південне" ім. Янгеля"	5000
8	Y8	ДП "Львівський бронетанковий завод"	750
9	Y9	ДП "Новатор" ДК "Укроборонпром"	60000
10	Y10	ДП ВО "Київприлад"	1711
11	Y11	ДП НВК "Електровозобудування"	2500
12	Y12	ДПМЗ "Гідромаш"	500
13	Y13	ООО "Корум Донецкгормаш"	1881
14	Y14	ОП "Макеевский ремонтно-механический завод" ГП "Макеевуголь"	17014
15	Y15	ОП Снежнянский машиностроительный завод ПАО "Мотор Сич"	2500
16	Y16	ПАО "Новокраматорский машиностроительный завод"	11000
17	Y17	ПАО "Снежнянскхиммаш"	733
18	Y18	ПАТ "Автрамат"	826
19	Y19	ПАТ "Азовзагальмаш" ПАТ "Азовмаш"	12027
20	Y20	ПАТ "АрселорМіттал Кривий Ріг"	34009
21	Y21	ПАТ "Дніпровагонмаш"	3861
22	Y22	ПАТ "Дніпровагонрембуд"	3500
23	Y23	ПАТ "Дніпропетровський агрегатний завод"	3000
24	Y24	ПАТ "Електромашпромсервіс"	800
25	Y25	ПАТ "Запорізький автомобілебудівний завод"	17000
26	Y26	ПАТ "Крюківський вагонобудівний завод"	9000

## Продовження таблиці Б.3.1

1	2	3	4
27	Y27	ПАТ "Полтавський Автоагрегатний Завод"	1451
28	Y28	ПАТ "Полтавський машинобудівний завод"	750
29	Y29	ПАТ "Полтавський турбомеханічний завод"	2207
30	Y30	ПАТ "Полтавхіммаш"	780
31	Y31	ПАТ "Роменський завод "Тракторозапчастина"	411
32	Y32	ПАТ "Свеський насосний завод"	1207
33	Y33	ПАТ "Харківський тракторний завод ім. С. Орджонікідзе"	7803
34	Y34	ПрАТ "Криворізький завод гірничого обладнання"	4000
35	Y35	Публічне акцонерне товариство "АвтоКрАЗ"	3691
36	Y36	ТДВ "Кам"янець-Подільський електромеханічний завод"	347
37	Y37	ТДВ "Попаснянський вагоноремонтний завод"	2103
38	Y38	ТОВ "Артіль" ЛТД	250
39	Y39	ТОВ "Гірничі машини-ДрМЗ"	1202
40	Y40	ТОВ "Метінвест- Маріупольський ремонтно-механічний завод" ТОВ "Метінвест холдинг"	3000
41	Y41	ТОВ "НВК "Технопром"	160
42	Y42	ТОВ "Південний завод гідравлических машин"	567
43	Y43	ТОВ "Ясинуватський машинобудівний завод"	1500
44	Y44	ТОВ НВП "Білоцерківмаз"	850

Таблиця Б.3.2 – Кількість травмованих на машинобудівних підприємствах Y1– Y22 по кожній причині виробничого травматизму

		Машинобудівні виробництва																					
		Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16	Y17	Y18	Y19	Y20	Y21	Y22
Причини виробничого травматизму	24.2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	1	1	0	0
	06.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	06.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	06.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	24.1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	0	0
	21.0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	19.0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	18.0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	07.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	05.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	01.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	24.0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	22.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	29.0	1	0	1	2	3	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1
	17.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	25.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	33.0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0
	11.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	27.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	09.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

Таблиця Б.3.3 – Кількість травмованих на машинобудівних підприємствах Y23– Y44 по кожній причині виробничого травматизму

		Машинобудівні виробництва																					
		Y23	Y24	Y25	Y26	Y27	Y28	Y29	Y30	Y31	Y32	Y33	Y34	Y35	Y36	Y37	Y38	Y39	Y40	Y41	Y42	Y43	Y44
Причини виробничого травматизму	24.2	1	1	0	0	1	0	1	0	4	2	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	06.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	06.2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	06.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	24.1	1	0	0	0	1	0	0	0	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	21.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	19.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	18.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		1	0	1	0	0	1	0	0	0
	07.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	05.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	01.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	24.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	22.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	29.0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1
	17.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	25.0	0	0	0	0	1	0		1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	33.0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	11.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	27.0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	09.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

## Додаток В

### Проміжні та результуючі значення розрахунків правилами Борда та Копеланда

Таблиця В.3.1 – Рангова класифікація вихідних даних для першого етапу ранжування підприємств Y1– Y22

		Машинобудівні виробництва																					
		Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16	Y17	Y18	Y19	Y20	Y21	Y22
Причини виробничого травматизму	24.2	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	2	3	3	1	3	3	2	2	3	3
	06.1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
	06.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
	06.3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	24.1	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	2	2	3	3
	21.0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
	19.0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	18.0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	07.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
	05.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
	01.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
	24.0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
	22.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	29.0	2	3	2	1	0	3	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2	3	3	2	3	3	2
	17.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
	25.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
	33.0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1
	11.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	27.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	09.0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	10.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
	K1	3	6	6	3	3	5	6	6	6	6	6	6	6	3	6	1	6	5	4	2	6	6
	K2	31	42	2	37	33	39	32	8	18	19	23	5	20	41	24	36	7	12	38	43	29	27

Таблиця В.3.2 – Рангова класифікація вихідних даних для першого етапу ранжування підприємств Y23– Y44

		Машинобудівні виробництва																						
		Y23	Y24	Y25	Y26	Y27	Y28	Y29	Y30	Y31	Y32	Y33	Y34	Y35	Y36	Y37	Y38	Y39	Y40	Y41	Y42	Y43	Y44	
Причини виробничого травматизму	24.2	2	2	3	3	2	3	2	3	0	1	2	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	
	06.1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	
	06.2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	06.3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	24.1	2	3	3	3	2	3	3	3	0	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	21.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	19.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	18.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	
	07.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	05.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	
	01.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	24.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	
	22.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	29.0	3	3	2	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	2	3	2	2	2	
	17.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	25.0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	33.0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	
	11.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	27.0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
09.0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
10.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
	K1	5	6	5	6	4	6	6	6	0	2	2	4	6	6	6	6	6	6	3	6	6	6	
	K2	25	11	40	35	16	9	22	10	4	15	34	30	28	3	21	1	14	26	0	6	17	13	



Таблиця В.3.3 – Значення показників СУОП для підприємств Y1– Y22

		Машинобудівні виробництва																					
		Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16	Y17	Y18	Y19	Y20	Y21	Y22
Показники СУОП	$k_{BT}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	$k_{HBO}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3	0	0.1	0.2	0	0	0	0.2	0.1	0.2	0	0	0	0
	$k_{уп}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0	0	0.2	0.1	0.2	0	0	0	0
	$k_{ТП}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0.2	0	0.05	0	0	0	0
	$k_{зіз}$	0	0	0.3	0	0	0	0	0	0.3	0	0.1	0.4	0	0	0.1	0.3	0.2	0	0	0	0	0

Таблиця В.3.4 – Значення показників СУОП для підприємств Y23– Y44

		Машинобудівні виробництва																					
		Y23	Y24	Y25	Y26	Y27	Y28	Y29	Y30	Y31	Y32	Y33	Y34	Y35	Y36	Y37	Y38	Y39	Y40	Y41	Y42	Y43	Y44
Показники СУОП	$k_{BT}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	$k_{HBO}$	0	0.2	0	0	0	0	0	0.2	0.1	0.35	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0	0.1	0	0.3	0.3
	$k_{уп}$	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.2	0	0	0	0.2	0	0.1	0.2	0	0.2	0.1	0.2	0.2
	$k_{ТП}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.35	0	0	0	0.1	0	0.1	0.1	0	0.1	0	0.1	0.1
	$k_{зіз}$	0	0.3	0	0	0.1	0	0	0.2	0.2	0.3	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0.2	0	0.2	0.1

Таблиця В.3.5 – Рангова класифікація вихідних даних для другого етапу ранжування підприємств Y1– Y22

		Машинобудівні виробництва																					
		Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16	Y17	Y18	Y19	Y20	Y21	Y22
Показники СУОП	$k_{BT}$	16	42	4	31	20	39	36	12	43	24	29	8	25	35	28	16	10	6	34	38	33	32
	$k_{HBO}$	4	4	4	4	4	4	4	4	1	4	3	2	4	4	4	2	2	2	4	4	4	4
	$k_{уп}$	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	2	2	2	2	2	0	1	0	2	2	2	2
	$k_{ТП}$	4	4	4	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	4	4	1	4	3	4	4	4	4
	$k_{зіз}$	4	4	1	4	4	4	4	4	1	4	3	0	4	4	3	1	2	4	4	4	4	4

Таблиця В.3.6 – Рангова класифікація вихідних даних для другого етапу ранжування підприємств Y23– Y44

		Машинобудівні виробництва																					
		Y23	Y24	Y25	Y26	Y27	Y28	Y29	Y30	Y31	Y32	Y33	Y34	Y35	Y36	Y37	Y38	Y39	Y40	Y41	Y42	Y43	Y44
Показники СУОП	$k_{BT}$	22	14	40	41	7	11	27	13	1	2	23	18	37	5	26	3	17	30	0	9	21	15
	$k_{HBO}$	4	2	4	4	4	4	4	2	3	0	4	4	4	4	4	3	3	4	3	4	1	1
	$k_{уп}$	2	2	2	2	2	2	2	1	1	0	2	2	2	0	2	1	0	2	0	1	0	0
	$k_{ТП}$	4	4	4	4	4	4	4	4	2	0	4	4	4	2	4	2	2	4	2	4	2	2
	$k_{зіз}$	4	1	4	4	3	4	4	2	2	1	4	4	4	4	4	3	4	4	2	4	2	3

Таблиця В.3.7 – Значення проміжних коефіцієнтів Борда на першому етапі для підприємств Y1– Y22

		Машинобудівні виробництва																					
		Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16	Y17	Y18	Y19	Y20	Y21	Y22
Причини виробничого травматизму	24.2	3	14	14	14	14	3	14	14	14	14	14	14	3	14	14	1	14	14	3	3	14	14
	06.1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	2	2	2	2	2	2	2
	06.2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	3	3	3	3
	06.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	24.1	2	10	10	10	10	2	10	10	10	10	10	10	10	10	10	1	10	10	2	2	10	10
	21.0	2	2	2	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	2
	19.0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	18.0	4	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	07.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
	05.0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3
	01.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
	24.0	3	3	3	3	0	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	3	3	3	3	3	3
	22.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	29.0	2	21	2	1	0	21	2	2	2	2	2	2	21	21	2	2	21	21	2	21	21	2
	17.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
	25.0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	4	4	4	4
	33.0	8	8	8	0	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	0	0	8	8	0	0	8
	11.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	27.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	09.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	10.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
	K1	5	17	17	5	5	13	17	17	17	17	17	17	17	5	17	1	17	13	10	2	17	17
	K2	31	42	2	37	33	39	32	8	18	19	23	5	20	41	24	36	7	12	38	43	29	27

Таблиця В.3.8 – Значення проміжних коефіцієнтів Борда на першому етапі для підприємств Y23– Y44

		Машинобудівні виробництва																					
		Y23	Y24	Y25	Y26	Y27	Y28	Y29	Y30	Y31	Y32	Y33	Y34	Y35	Y36	Y37	Y38	Y39	Y40	Y41	Y42	Y43	Y44
Причини виробничого травматизму	24.2	3	3	14	14	3	14	3	14	0	1	3	14	14	14	14	14	3	14	14	14	14	14
	06.1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	2	2
	06.2	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	06.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	24.1	2	10	10	10	2	10	10	10	0	2	2	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	21.0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	19.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	18.0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	4	0	4	4	0	4	4	4
	07.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	05.0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	3	3	3	3	0	3	3	3
	01.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	24.0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	3
	22.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	29.0	21	21	2	21	21	2	21	21	21	21	2	21	21	21	21	21	21	2	21	2	2	2
	17.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	25.0	4	4	4	4	0	4	4	0	4	4	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	33.0	8	8	8	0	8	8	8	8	8	8	8	8	0	8	0	8	8	8	8	8	8	8
	11.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	27.0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	09.0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	10.2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	K1	13	17	13	17	10	17	17	17	0	2	2	10	17	17	17	17	17	17	5	17	17	17
	K2	25	11	40	35	16	9	22	10	4	15	34	30	28	3	21	1	14	26	0	6	17	13

Таблиця В.3.9 – Значення проміжних коефіцієнтів Борда на другому етапі для підприємств Y1– Y22

		Машинобудівні виробництва																					
		Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16	Y17	Y18	Y19	Y20	Y21	Y22
Показники СУОП	$k_{BT}$	16	42	4	31	20	39	36	12	43	24	29	8	25	35	28	16	10	6	34	38	33	32
	$k_{HBO}$	15	15	15	15	15	15	15	15	1	15	11	4	15	15	15	4	4	4	15	15	15	15
	$k_{уп}$	14	4	14	14	14	14	14	14	0	14	14	14	14	14	14	0	9	0	14	14	14	14
	$k_{ТП}$	11	11	11	11	11	11	11	11	2	11	11	11	11	11	11	1	11	10	11	11	11	11
	$k_{зіз}$	16	16	1	16	16	16	16	16	1	16	11	0	16	16	11	1	6	16	16	16	16	16

Таблиця В.3.10 – Значення проміжних коефіцієнтів Борда на другому етапі для підприємств Y23– Y44

		Машинобудівні виробництва																					
		Y23	Y24	Y25	Y26	Y27	Y28	Y29	Y30	Y31	Y32	Y33	Y34	Y35	Y36	Y37	Y38	Y39	Y40	Y41	Y42	Y43	Y44
Показники СУОП	$k_{BT}$	22	14	40	41	7	11	27	13	1	2	23	19	37	5	26	3	18	30	0	9	21	15
	$k_{HBO}$	15	4	15	15	15	15	15	4	4	0	15	15	15	15	15	11	11	15	11	15	1	1
	$k_{уп}$	14	14	14	14	14	14	14	9	9	0	14	14	14	0	14	9	0	14	0	9	0	0
	$k_{ТП}$	11	11	11	11	11	11	11	11	2	0	11	11	11	2	11	2	2	11	2	11	2	2
	$k_{зіз}$	16	1	16	16	11	16	16	6	6	1	16	16	16	16	16	11	16	16	6	16	6	11

Таблиця В.3.11 – Значення результируючих коефіцієнтів Борда на кожному етапі ранжування виробництв

Машинобудівне виробництво	Ранжування виробництв (коефіцієнти Борда) на:		
	першому етапі	другому етапі	третьому етапі
1	2	3	4
Y1	72	80	152
Y2	98	138	236
Y3	45	83	128
Y4	87	95	182
Y5	76	97	173
Y6	95	116	211
Y7	92	113	205
Y8	68	89	157
Y9	47	99	146
Y10	80	100	180
Y11	76	104	180
Y12	37	86	123
Y13	81	109	190
Y14	91	122	213
Y15	79	105	184
Y16	22	67	89
Y17	40	99	139
Y18	36	103	139
Y19	90	93	183
Y20	94	96	190
Y21	89	121	210
Y22	88	108	196
Y23	78	102	180
Y24	44	100	144
Y25	96	116	212
Y26	97	127	224
Y27	58	86	144
Y28	67	90	157
Y29	83	111	194
Y30	43	106	149
Y31	22	60	82
Y32	3	78	81
Y33	79	76	155
Y34	75	116	191
Y35	93	120	213

Продовження таблиці В.3.11

1	2	3	4
Y36	38	99	137
Y37	82	113	195
Y38	36	97	133
Y39	47	103	150
Y40	86	107	193
Y41	19	76	95
Y42	60	87	147
Y43	30	98	128
Y44	29	94	123

Таблиця В. 3.12 – Переважання попарним порівнянням за всіма критеріями на першому етапі

Машинобудівне виробництво	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16	Y17	Y18	Y19	Y20	Y21	Y22
Y1	X	22	22	20	21	23	23	22	22	22	22	22	22	19	22	17	21	20	23	19	21	22
Y2	17	X	21	18	19	19	20	21	21	21	21	21	21	17	21	15	21	19	18	17	21	21
Y3	19	22	X	19	20	20	22	23	23	23	23	23	22	18	23	17	22	20	20	17	22	23
Y4	19	22	22	X	20	21	22	22	22	22	22	22	21	19	22	17	22	20	21	19	22	22
Y5	19	22	22	21	X	21	22	22	22	22	22	22	21	20	22	17	21	20	21	17	21	22
Y6	19	22	21	18	19	X	21	21	21	21	21	21	22	18	21	15	21	20	20	19	21	21
Y7	18	22	22	19	20	21	X	22	22	22	22	22	21	18	22	17	21	20	20	17	21	22
Y8	19	22	22	19	20	20	22	X	23	23	23	22	22	18	23	17	21	20	20	17	22	23
Y9	19	22	22	19	20	20	22	22	X	23	23	22	22	18	23	17	21	19	20	17	22	23
Y10	19	22	22	19	20	20	22	22	22	X	23	22	22	18	23	17	21	19	20	17	22	23
Y11	19	22	22	19	20	20	22	22	22	22	X	22	21	18	23	17	21	19	20	17	22	23
Y12	19	22	22	19	20	20	22	23	23	23	23	X	22	18	23	17	22	20	20	17	22	23
Y13	19	22	21	19	20	21	21	21	21	21	22	21	X	18	22	16	21	19	20	18	22	22
Y14	18	22	21	19	21	20	21	21	21	21	21	21	21	X	21	15	21	20	19	17	21	21
Y15	19	22	22	19	20	20	22	22	22	22	22	22	21	18	X	17	21	19	20	17	22	23
Y16	21	22	22	21	20	23	22	22	22	22	22	22	22	19	22	X	22	20	23	21	22	22
Y17	18	22	21	20	20	20	21	22	22	22	22	21	22	18	22	17	X	20	19	18	23	22
Y18	18	22	21	19	20	21	22	21	22	22	22	21	22	18	22	16	21	X	19	17	22	22
Y19	20	22	22	18	19	23	22	22	22	22	22	22	22	18	22	16	21	20	X	19	21	22
Y20	20	21	21	21	20	22	21	21	21	21	21	21	22	18	21	16	22	20	21	X	22	21
Y21	18	22	21	20	20	20	21	21	21	21	21	21	21	18	21	17	22	19	19	18	X	21
Y22	19	22	22	19	20	20	22	22	22	22	22	22	21	18	22	17	21	19	20	17	22	X



Продовження таблиці В. 3.12 – Переважання попарним порівнянням за всіма критеріями на першому етапі

Машинобудівне виробництво	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16	Y17	Y18	Y19	Y20	Y21	Y22
Y23	20	22	21	19	20	23	22	21	21	21	21	21	22	18	21	16	21	20	21	19	22	22
Y24	19	22	21	19	20	21	21	21	22	22	22	21	23	18	22	16	21	20	20	18	22	22
Y25	18	22	22	18	19	20	22	22	22	22	22	22	21	18	22	16	21	20	19	17	21	22
Y26	17	22	21	20	19	20	20	21	21	21	21	21	21	18	21	17	22	19	19	18	22	21
Y27	20	22	21	19	20	23	22	21	22	22	22	21	23	18	22	16	21	21	22	19	22	22
Y28	19	22	22	19	20	20	22	22	23	23	23	22	22	18	23	17	21	20	20	17	22	23
Y29	19	22	21	19	20	21	21	21	21	21	22	21	22	18	22	16	21	19	20	18	22	22
Y30	18	22	21	19	20	20	21	21	22	22	22	21	22	18	22	16	21	21	19	17	22	22
Y31	21	22	21	20	21	23	22	22	22	22	22	22	23	19	22	20	22	21	22	20	22	22
Y32	21	22	21	20	21	23	22	21	22	22	22	21	23	19	22	17	21	20	22	20	22	22
Y33	21	22	22	20	20	23	22	22	22	22	22	22	22	19	22	17	21	21	23	20	21	22
Y34	18	22	21	19	20	21	22	21	21	21	21	21	21	18	21	17	21	20	20	18	21	21
Y35	18	22	21	20	20	20	21	21	21	21	21	21	21	18	21	17	22	19	19	18	23	21
Y36	18	23	21	19	20	20	21	22	22	22	22	22	22	18	22	16	22	20	19	17	22	22
Y37	18	22	21	20	20	20	21	21	21	21	22	21	21	18	22	17	22	19	19	18	23	22
Y38	18	23	22	19	20	20	21	22	22	22	22	22	22	18	22	16	22	20	19	17	22	22
Y39	19	22	21	19	20	21	21	21	22	22	22	21	23	18	22	16	21	19	20	18	22	22
Y40	19	22	22	19	20	20	22	22	22	22	22	22	21	18	22	17	21	19	20	17	22	23
Y41	19	23	22	20	22	21	22	22	22	22	22	22	22	21	22	16	22	21	20	18	22	22
Y42	19	22	22	19	20	20	22	23	23	23	23	22	22	18	23	17	22	20	20	17	22	23
Y43	19	22	22	19	20	20	22	22	23	23	23	22	22	18	23	17	21	19	20	17	22	23
Y44	19	22	22	19	20	20	22	22	23	23	23	22	22	18	23	17	21	19	20	17	22	23

Продовження таблиці В. 3.12 – Переважання попарним порівнянням за всіма критеріями на першому етапі

Машинобудівне виробництво	Y23	Y24	Y25	Y26	Y27	Y28	Y29	Y30	Y31	Y32	Y33	Y34	Y35	Y36	Y37	Y38	Y39	Y40	Y41	Y42	Y43	Y44
Y1	22	22	22	22	21	22	21	21	18	19	20	19	21	21	21	21	22	22	18	22	22	22
Y2	19	21	19	21	18	21	21	21	18	18	16	18	21	22	21	22	21	21	18	21	21	21
Y3	20	22	21	22	19	23	22	22	19	19	18	19	22	22	22	21	22	23	17	23	23	23
Y4	20	21	22	22	19	22	21	21	18	18	17	19	22	21	22	21	21	22	18	22	22	22
Y5	20	21	22	22	19	22	21	21	18	18	18	19	21	21	21	21	21	22	19	22	22	22
Y6	22	22	21	21	20	21	22	21	18	19	18	18	21	21	21	21	22	21	17	21	21	21
Y7	20	21	22	22	18	22	21	21	18	18	18	18	21	21	21	21	21	22	17	22	22	22
Y8	20	22	21	22	19	23	22	22	18	19	18	19	22	21	22	21	22	23	17	22	23	23
Y9	20	21	21	22	18	22	22	21	18	18	18	19	22	21	22	21	21	23	17	22	22	22
Y10	20	21	21	22	18	22	22	21	18	18	18	19	22	21	22	21	21	23	17	22	22	22
Y11	20	21	21	22	18	22	21	21	18	18	18	19	22	21	21	21	21	23	17	22	22	22
Y12	20	22	21	22	19	23	22	22	18	19	18	19	22	21	22	21	22	23	17	23	23	23
Y13	21	22	20	22	19	21	23	21	18	18	18	19	22	21	22	21	22	22	17	21	21	21
Y14	20	21	20	21	19	21	21	21	18	18	16	19	21	21	21	21	21	21	20	21	21	21
Y15	20	21	21	22	18	22	21	21	18	18	18	19	22	21	21	21	21	23	17	22	22	22
Y16	22	22	22	22	21	22	22	21	19	21	20	20	22	21	22	21	22	22	18	22	22	22
Y17	20	22	20	23	19	22	22	22	18	19	17	19	23	21	23	21	22	22	17	21	22	22
Y18	21	21	21	22	20	21	22	22	18	19	18	19	22	21	22	21	22	22	17	21	22	22
Y19	22	22	22	21	21	22	22	21	18	19	19	19	21	21	21	21	22	22	17	22	22	22
Y20	22	22	20	22	21	21	22	21	18	20	19	20	22	21	22	21	22	21	19	21	21	21
Y21	19	21	20	23	18	21	21	21	18	18	17	19	22	21	22	21	21	21	17	21	21	21
Y22	19	21	21	22	18	22	21	21	18	18	18	19	22	21	21	21	21	22	17	22	22	22

Продовження таблиці В. 3.12 – Переважання попарним порівнянням за всіма критеріями на першому етапі

Машинобудівне виробництво	Y23	Y24	Y25	Y26	Y27	Y28	Y29	Y30	Y31	Y32	Y33	Y34	Y35	Y36	Y37	Y38	Y39	Y40	Y41	Y42	Y43	Y44
Y23	X	22	21	22	20	21	22	21	18	19	19	19	22	21	21	21	22	22	17	21	21	21
Y24	21	X	20	22	20	21	23	21	18	19	18	19	22	21	22	21	23	22	17	21	22	22
Y25	20	21	X	21	18	22	21	21	18	18	17	18	21	21	21	21	21	22	17	22	22	22
Y26	29	21	20	X	18	21	21	21	18	18	16	18	22	21	22	21	21	21	17	21	21	21
Y27	23	22	21	22	X	21	23	22	18	19	20	20	22	21	22	21	22	22	17	21	22	21
Y28	20	22	21	22	19	X	22	22	18	19	18	19	22	21	22	21	22	23	17	22	23	23
Y29	21	22	20	22	19	21	X	21	18	18	18	19	22	21	21	21	22	22	17	21	21	21
Y30	20	22	20	22	20	21	22	X	18	19	18	19	22	21	22	21	22	22	17	21	22	22
Y31	23	23	21	22	22	22	23	22	X	22	20	21	22	21	22	21	23	22	18	22	22	22
Y32	23	22	21	22	22	21	23	21	18	X	20	20	22	21	22	21	22	22	18	21	22	21
Y33	22	22	22	22	22	22	22	22	18	20	X	19	21	21	21	21	22	22	18	22	22	22
Y34	20	21	21	22	19	21	21	21	19	18	17	X	21	21	21	21	21	21	18	21	21	21
Y35	19	21	20	23	18	21	21	21	18	18	17	19	X	21	22	21	21	21	17	21	21	21
Y36	20	22	20	22	19	22	22	22	19	19	17	19	22	X	22	22	22	22	18	22	22	22
Y37	20	21	20	23	18	21	22	21	18	18	17	19	23	21	X	21	21	22	17	21	21	21
Y38	20	22	20	22	19	22	22	22	19	19	17	19	22	23	22	X	22	22	18	22	22	22
Y39	21	22	20	22	20	21	23	21	18	19	18	19	22	21	22	21	X	22	17	21	22	21
Y40	19	21	21	22	18	22	21	21	18	18	18	19	22	21	21	21	21	X	17	22	22	22
Y41	21	22	21	22	20	22	22	22	19	19	17	21	22	23	22	23	22	22	X	22	22	22
Y42	20	22	21	22	19	23	22	22	18	19	18	19	22	21	22	21	22	23	17	X	23	23
Y43	20	21	21	22	18	22	22	21	18	18	18	19	22	21	22	21	21	23	17	22	X	22
Y44	20	21	21	22	19	22	22	21	18	19	18	19	22	21	22	21	22	23	17	22	23	X

Таблиця В. 3.13 – Переважання попарним порівнянням за всіма критеріями на другому етапі

Машинобудівне виробництво	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16	Y17	Y18	Y19	Y20	Y21	Y22
Y1	X	5	3	5	5	5	5	4	1	5	3	2	5	5	4	1	1	1	5	5	5	5
Y2	4	X	3	4	4	4	4	4	1	4	2	2	4	4	3	0	1	1	4	4	4	4
Y3	5	5	X	5	5	5	5	5	2	5	4	3	5	5	5	2	3	2	5	5	5	5
Y4	4	5	3	X	4	5	5	4	1	4	2	2	4	5	3	0	1	1	5	5	5	5
Y5	4	5	3	5	X	5	5	4	1	5	3	2	5	5	4	0	1	1	5	5	5	5
Y6	4	5	3	4	4	X	4	4	1	4	2	2	4	4	3	0	1	1	4	4	4	4
Y7	4	5	3	4	4	5	X	4	1	4	2	2	4	4	3	0	1	1	4	5	4	4
Y8	5	5	3	5	5	5	5	X	1	5	3	2	5	5	4	1	1	1	5	5	5	5
Y9	4	4	4	4	4	4	4	4	X	3	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4
Y10	4	5	3	5	4	5	5	4	1	X	3	2	5	5	4	0	1	1	5	5	5	5
Y11	4	5	3	5	4	5	5	4	1	4	X	2	4	5	4	0	1	1	5	5	5	5
Y12	5	5	4	5	5	5	5	5	2	5	5	X	5	5	5	3	4	2	5	5	5	5
Y13	4	5	3	5	4	5	5	4	1	4	3	2	X	5	4	0	1	1	5	5	5	5
Y14	4	5	3	4	4	5	5	4	1	4	2	2	4	X	3	0	1	1	4	5	4	4
Y15	4	5	3	5	4	5	5	4	1	4	4	2	4	5	X	0	1	1	5	5	5	5
Y16	5	5	4	5	5	5	5	4	4	5	5	3	5	5	5	X	4	4	5	5	5	5
Y17	5	5	3	5	5	5	5	5	1	5	5	3	5	5	5	2	X	2	5	5	5	5
Y18	5	5	3	5	5	5	5	5	2	5	4	4	5	5	4	3	4	X	5	5	5	5
Y19	4	5	3	4	4	5	5	4	1	4	2	2	4	5	3	0	1	1	X	5	4	4
Y20	4	5	3	4	4	5	4	4	1	4	2	2	4	4	3	0	1	1	4	X	4	4
Y21	4	5	3	4	4	5	5	4	1	4	2	2	4	5	3	0	1	1	5	5	X	4
Y22	4	5	3	4	4	5	5	4	1	4	2	2	4	5	3	0	1	1	5	5	5	X

Продовження таблиці В. 3.13 – Переважання попарним порівнянням за всіма критеріями на першому етапі

Машинобудівне виробництво	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15	Y16	Y17	Y18	Y19	Y20	Y21	Y22
Y23	4	5	3	5	4	5	5	4	1	5	3	2	5	5	4	0	1	1	5	5	5	5
Y24	5	5	4	5	5	5	5	4	2	5	5	3	5	5	5	3	3	2	5	5	5	5
Y25	4	5	3	4	4	4	4	4	1	4	2	2	4	4	3	0	1	1	4	4	4	4
Y26	4	5	3	4	4	4	4	4	1	4	2	2	4	4	3	0	1	1	4	4	4	4
Y27	5	5	3	5	5	5	5	5	1	5	4	3	5	5	5	1	2	1	5	5	5	5
Y28	5	5	3	5	5	5	5	5	1	5	3	2	5	5	4	1	1	1	5	5	5	5
Y29	4	5	3	5	4	5	5	4	1	4	3	2	4	5	4	0	1	1	5	5	5	5
Y30	5	5	3	5	5	5	5	4	1	5	5	3	5	5	5	2	4	2	5	5	5	5
Y31	5	5	4	5	5	5	5	5	2	5	5	4	5	5	5	2	5	4	5	5	5	5
Y32	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Y33	4	5	3	5	4	5	5	4	1	5	3	2	5	5	4	0	1	1	5	5	5	5
Y34	4	5	3	5	5	5	5	4	1	5	3	2	5	5	4	0	1	1	5	5	5	5
Y35	4	5	3	4	4	5	4	4	1	4	2	2	4	4	3	0	1	1	4	4	4	4
Y36	5	5	3	5	5	5	5	5	3	5	3	3	5	5	4	2	3	4	5	5	5	5
Y37	4	5	3	5	4	5	5	4	1	4	3	2	4	5	4	0	1	1	5	5	5	5
Y38	5	5	4	5	5	5	5	5	2	4	3	2	5	5	5	1	3	3	5	5	5	5
Y39	4	5	3	5	5	5	5	4	3	5	5	4	5	5	4	1	2	3	5	5	5	5
Y40	4	5	3	5	4	5	5	4	1	5	4	2	4	5	3	0	1	1	5	5	5	5
Y41	5	5	4	5	5	5	5	5	3	5	5	3	5	5	5	2	4	4	5	5	5	5
Y42	5	5	3	5	5	5	5	5	3	5	3	2	5	5	4	1	3	1	5	5	5	5
Y43	4	5	3	5	4	5	5	4	4	5	5	3	5	5	5	2	4	4	5	5	5	5
Y44	5	5	3	5	5	5	5	4	4	5	5	3	5	5	5	3	3	4	5	5	5	5

Продовження таблиці В. 3.13 – Переважання попарним порівнянням за всіма критеріями на першому етапі

Машинобудівне виробництво	Y23	Y24	Y25	Y26	Y27	Y28	Y29	Y30	Y31	Y32	Y33	Y34	Y35	Y36	Y37	Y38	Y39	Y40	Y41	Y42	Y43	Y44
Y1	5	2	5	5	3	4	5	1	0	0	5	5	5	2	5	0	2	5	0	3	1	0
Y2	4	2	4	4	3	4	4	1	0	0	4	4	4	2	4	0	1	4	0	3	0	0
Y3	5	4	5	5	5	5	5	3	1	1	5	5	5	3	5	1	2	5	1	4	2	2
Y4	4	2	5	5	3	4	4	1	0	0	4	4	5	2	4	0	1	4	0	3	0	0
Y5	5	2	5	5	3	4	5	1	0	0	5	4	5	2	5	0	1	5	0	3	1	0
Y6	4	2	5	5	3	4	4	1	0	0	4	4	4	2	4	0	1	4	0	3	0	0
Y7	4	2	5	5	3	4	4	1	0	0	4	4	5	2	4	0	1	4	0	3	0	0
Y8	5	3	5	5	3	4	5	2	0	0	5	5	5	2	5	0	2	5	0	3	1	1
Y9	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Y10	4	2	5	5	3	4	5	1	0	0	4	4	5	2	5	0	1	5	0	3	0	0
Y11	4	2	5	5	4	4	4	1	0	0	4	4	5	2	4	2	2	5	1	3	0	1
Y12	5	5	5	5	4	5	5	4	2	1	5	5	5	2	5	2	3	5	2	4	2	2
Y13	4	2	5	5	3	4	5	1	0	0	4	4	5	2	5	0	1	5	0	3	0	0
Y14	4	2	5	5	3	4	4	1	0	0	4	4	5	2	4	0	1	4	0	3	0	0
Y15	4	2	5	5	4	4	4	1	0	0	4	4	5	2	4	1	1	5	0	3	0	1
Y16	5	4	5	5	4	4	5	4	4	2	5	5	5	4	5	4	5	5	4	4	4	3
Y17	5	4	5	5	4	5	5	5	3	0	5	5	5	2	5	3	3	5	2	4	2	2
Y18	5	4	5	5	4	5	5	4	2	1	5	5	5	3	5	2	4	5	2	5	2	2
Y19	4	2	5	5	3	4	4	1	0	0	4	4	5	2	4	0	1	4	0	3	0	0
Y20	4	2	5	5	3	4	4	1	0	0	4	4	4	2	4	0	1	4	0	3	0	0
Y21	4	2	5	5	3	4	4	1	0	0	4	4	5	2	4	0	1	4	0	3	0	0
Y22	4	2	5	5	3	4	4	1	0	0	4	4	5	2	4	0	1	4	0	3	0	0

Продовження таблиці В. 3.13 – Переважання попарним порівнянням за всіма критеріями на першому етапі

Машинобудівне виробництво	Y23	Y24	Y25	Y26	Y27	Y28	Y29	Y30	Y31	Y32	Y33	Y34	Y35	Y36	Y37	Y38	Y39	Y40	Y41	Y42	Y43	Y44
Y23	X	2	5	5	3	4	5	1	0	0	5	4	5	2	5	0	1	5	0	3	0	0
Y24	5	X	5	5	4	4	5	3	2	1	5	5	5	2	5	2	3	5	2	3	2	2
Y25	4	2	X	5	3	4	4	1	0	0	4	4	5	2	4	0	1	4	0	3	0	0
Y26	4	2	4	X	3	4	4	1	0	0	4	4	4	2	4	0	1	4	0	3	0	0
Y27	5	3	5	5	X	5	5	2	0	0	5	5	5	2	5	1	2	5	0	4	1	2
Y28	5	3	5	5	3	X	5	2	0	0	5	5	5	2	5	0	2	5	0	3	1	1
Y29	4	2	5	5	3	4	X	1	0	0	4	4	5	2	4	0	1	5	0	3	0	0
Y30	5	4	5	5	4	4	5	X	3	0	5	5	5	2	5	3	3	5	2	4	2	2
Y31	5	4	5	5	5	5	5	5	X	1	5	5	5	4	5	5	4	5	3	5	3	3
Y32	5	5	5	5	5	5	5	5	4	X	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5
Y33	4	2	5	5	3	4	5	1	0	0	X	4	5	2	5	0	1	5	0	3	0	0
Y34	5	2	5	5	3	4	5	1	0	0	5	X	5	2	5	0	1	5	0	3	1	0
Y35	4	2	5	5	3	4	4	1	0	0	4	4	X	2	4	0	1	4	0	3	0	0
Y36	5	3	5	5	4	5	5	3	2	1	5	5	5	X	5	2	4	5	2	5	3	3
Y37	4	2	5	5	3	4	5	1	0	0	4	4	5	2	X	0	1	5	0	3	0	0
Y38	5	3	5	5	5	5	5	3	2	0	5	5	5	4	5	X	4	5	2	5	3	2
Y39	5	2	5	5	3	4	5	2	2	1	5	5	5	4	5	3	X	5	3	4	3	2
Y40	4	2	5	5	3	4	4	1	0	0	4	4	5	2	4	0	1	X	3	0	0	0
Y41	5	3	5	5	3	5	5	4	4	2	5	5	5	5	5	5	5	5	X	5	4	4
Y42	5	3	5	5	3	5	5	3	1	0	5	5	5	2	5	1	2	5	0	X	1	1
Y43	5	3	5	5	4	4	5	4	4	1	5	4	5	4	5	4	4	5	4	4	X	4
Y44	5	3	5	5	4	4	5	3	3	1	5	5	5	4	5	4	5	5	3	4	4	X

Таблиця В. 3.14 – Значення результируючих коефіцієнтів Копленда на кожному етапі ранжування виробництв

Машинобудівне виробництво	Ранжування виробництв (коефіцієнти Копленда) на:						
	першому етапі			другому етапі			третьому етапі
	L	U	Ранг	L	U	Ранг	Загальний ранг
1	2	3	4	5	6	7	8
Y1	6	37	-31	21	21	0	-31
Y2	43	0	43	43	0	43	85
Y3	18	24	-6	11	28	-17	-23
Y4	8	32	-24	32	11	21	-3
Y5	10	31	-21	23	19	4	-17
Y6	15	27	-12	40	3	37	25
Y7	15	2	13	37	6	31	44
Y8	23	19	4	20	22	-2	2
Y9	30	12	18	2	39	-37	55
Y10	31	11	20	26	16	10	30
Y11	35	7	28	16	24	-8	20
Y12	20	22	-2	9	33	-24	-26
Y13	32	10	22	27	15	12	34
Y14	7	35	-28	36	7	29	1
Y15	36	6	30	18	13	5	35
Y16	1	42	-41	1	40	-39	-80
Y17	22	20	2	10	31	-21	-19
Y18	12	30	-18	9	34	-25	-43
Y19	12	31	-19	35	8	27	8
Y20	3	39	-36	39	4	35	-1
Y21	40	2	38	34	9	25	63
Y22	38	4	34	33	10	23	57
Y23	13	29	-16	24	18	6	-10
Y24	26	16	10	13	28	-15	-5
Y25	16	26	-10	41	2	39	29
Y26	42	1	41	42	1	41	82
Y27	8	34	-26	16	26	-10	-36
Y28	24	18	6	19	23	-4	2
Y29	34	8	26	29	13	16	42
Y30	25	17	8	11	30	-19	-11
Y31	1	42	-41	5	37	-32	-73
Y32	3	38	-35	0	43	-43	-78
Y33	2	40	-38	25	17	8	-30
Y34	9	33	-24	22	20	2	-22



Продовження таблиці В. 3.14

1	2	3	4	5	6	7	8
Y35	39	3	36	38	5	33	69
Y36	19	23	-4	8	33	-25	-29
Y37	33	9	24	28	14	14	38
Y38	17	25	-8	7	34	-27	-35
Y39	28	14	14	13	29	-16	-2
Y40	37	5	32	31	12	19	51
Y41	3	40	-37	3	39	-36	-73
Y42	21	21	0	16	25	-9	-9
Y43	29	13	16	2	38	-36	-20
Y44	27	15	12	2	37	-35	-23

## Додаток Г

### Програмний алгоритм, розроблений в середовищі Microsoft Excel за допомогою макроса

```
' Dim Data(), s#(), a&(), i&, j&, k&, n&, x1&, x2&, p&, p2&, sm#, ds#, sm1#, sm2#, txt$, t!, tmp#, outAll
```

```
Data = Range("B2", Range("B2").End(xlDown)).Value ' Ціна проекту(вхідні дані)
n = UBound(Data) 'Кількість проектів(доданків)
x1 = Val([E2]) 'Максимальна вибірка (Вхідні дані)
x2 = Val([E3]) 'Максимальна вибірка (Вхідні дані)
sm = [E6] 'Бажана сума (Вхідні дані)
ds = [E7] + 0.000001 'допустима похибка
```

```
If x2 > n Or x2 < 1 Then x2 = n 'Перевірка на коректність вхідних даних
If x1 < 1 Then x1 = 1 Else If x1 > x2 Then x1 = x2
```

```
sm1 = sm - ds 'розрахунок нижньої допустимої межі
sm2 = sm + ds 'розрахунок верхньої допустимої межі
```

```
Application.Calculation = xlCalculationManual
Range("G2").CurrentRegion.ClearContents
```

```
outAll = MsgBox(" Знайти рішення?", vbYesNo) 'Вивід запитання
```

```
t = Timer
For i = 1 To n - 1 'Сортування масиву
    For j = i + 1 To n
        If Data(i, 1) < Data(j, 1) Then tmp = Data(i, 1): Data(i, 1) = Data(j, 1): Data(j, 1) = tmp
    Next j, i
```

```
ReDim sms#(n) 'масив для сум
For i = 1 To n 'підраховуємо суми в масиві
    sms(i) = sms(i - 1) + Data(i, 1)
Next i
```

```
j = 0
For k = x1 To x2 'перебираємо доданки від x1 до x2
    ReDim a&(1 To k), s#(0 To k)
```

```
For i = 1 To k: a(i) = i: s(i) = s(i - 1) + Data(a(i), 1): Next i ' початкве розміщення
If k = n Then p = 1 Else p = k
```

```
Do
    If s(k) >= sm1 And s(k) <= sm2 And p2 = 0 Then ' виводимо результат, якщо сума
    досягнута
        j = j + 1
```

```

If outAll = vbYes Then
    txt$ = ""
    For i = 1 To k: txt$ = txt$ & IIf(txt = "", "=", ", " + ") & Data(a(i), 1): Next i
    Range("G2").Offset(j - 1, 0) = "" & txt
    Range("G2").Offset(j - 1, 1) = s(k)
    Range("G1").Offset() = "Варіанти можливих комбінацій проектів" 'Назва таблиці
    відібраних варіантів

Else
    For i = 1 To k: Range("G2").Offset(i - 1, j - 1) = Data(a(i), 1): Next i
    GoTo Exit_
End If
End If

If a(k) = n Then p = p - 1 Else If p2 > 0 Then p = p2 Else p = k
p2 = 0

If p > 0 Then
    For i = k To p Step -1 'наступний крок варіантів перебору
        a(i) = a(p) + i - p + 1
    Next i
    For i = p To k
        s(i) = s(i - 1) + Data(a(i), 1) 'розрахуємо суму доданків, заносючи їх в масив
        If s(i) + sms(n) - sms(n - k + i) > sm2 Then p2 = i: Exit For 'відкидаємо неперспективні
        розгалуження
        If s(i) + sms(a(i) + k - i) - sms(a(i)) < sm1 Then s(k) = s(i): p2 = i - 1: Exit For
        'відкидаємо неперспективні розгалуження
    Next i
    End If
    Loop While p
Next k
Exit_:
MsgBox "Витрачено часу на розрахунок " & Format(Timer - t, "0.000") & " сек."
Application.Calculation = xlCalculationAutomatic
End Sub

```

## Додаток Д

### АКТ

впровадження результатів дисертаційної роботи  
асистента кафедри охорони праці, промислової та цивільної безпеки  
Національного технічного університету України «Київський політехнічний  
інститут імені Ігоря Сікорського»  
Ільчук Оксани Степанівни

Цим актом підтверджується, що представлені в дисертаційній роботі Ільчук О.С. «Підвищення рівня ефективності управління охороною праці на машинобудівному виробництві методами бенчмаркінгу» результати наукових досліджень і сформульовані практичні рекомендації будуть використані на ПрАТ «АвтоКрАЗ».

Розроблена та удосконалена в дисертаційній роботі модель рейтингового оцінювання рівня стану охорони праці на машинобудівному виробництві, використовуючи показники, що впливають на його рівень та методика вибору проектів з охорони праці, дозволяє забезпечити оптимальне управління розподілом та перерозподілом економічних ресурсів на ПрАТ «АвтоКрАЗ».

У нашій країні для оцінювання реального стану охорони праці на об'єктах існує ціла низка різних за характером методів, механізмів і практичних заходів. Одним з таких досить нових управлінських механізмів є використання методології бенчмаркінгу у галузі охорони праці.

Застосування даної методології дозволяє відслідковувати потенціал у галузі охорони праці в кожному звітному періоді, шляхом вибору, реалізації проектів з охорони праці, враховуючи при цьому виділені фінансові ресурси.

Генеральний директор  
ПрАТ «АвтоКрАЗ»



Черняк Р.Є.

## Додаток Е

## ЗАТВЕРДЖУЮ

Перший проректор  
Національного технічного  
університету України  
«Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»  
академік НАН України, д.т.н., проф.



Ю.І.Якименко

» 2017 р.

## АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

результатів дисертаційної роботи науково-педагогічного працівника кафедри  
охорони праці, промислової та цивільної безпеки Ільчук О.С. в навчальний  
процес КПП ім. Ігоря Сікорського

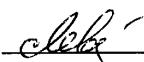
Ми, що нижче підписалися, директор Інституту енергозбереження та енергоменеджменту Денисюк С.П., завідувач кафедри охорони праці, промислової та цивільної безпеки О.Г. Левченко, заступник завідувача кафедри охорони праці, промислової та цивільної безпеки О.І. Полукаров склали цей акт про те, що результати наукових досліджень за темою кандидатської дисертаційної роботи Ільчук Оксани Степанівни «Підвищення рівня ефективності управління охороною праці на машинобудівному виробництві методами бенчмаркінгу» використовуються в навчальному процесі КПП ім. Ігоря Сікорського на кафедрі охорони праці, промислової та цивільної безпеки.

Найменування впровадженого результату	Форма впровадження і досягнутий фактичний ефект
Оптимальне управління розподілом та перерозподілом економічних ресурсів при виборі проектів з охорони праці. Методика бенчмаркінгу охорони праці.	Матеріали дисертаційної роботи впроваджені у вигляді практичних занять для дисциплін: «Основи охорони праці», «Охорона праці та цивільний захист». Впровадження вказаних методично-навчальних матеріалів дозволило перейти до комплексного вивчення студентами сучасної методології бенчмаркінгу охорони праці шляхом застосування математичного інструментарію параметричного програмування.


Директор Інституту енергозбереження  
та енергоменеджменту, д.т.н., проф.

 С.П. Денисюк

Завідувач кафедри  
охорони праці, промислової  
та цивільної безпеки, д.т.н., проф.

 О.Г. Левченко

Заступник завідувача кафедри  
охорони праці, промислової  
та цивільної безпеки, к.т.н., доц.

 О.І. Полукаров

## Додаток Є

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

*Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:*

1. О. С. Ільчук, В. П. Розен, "Індикативний аналіз рівня травматизму на виробництві", *Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний університет"*. Серія «Гірництво»: збірник наукових праць, № 26, с. 156-162, 2014. (BASE, WorldCat, Google Scholar, OpenAIRE, Research Bible, UIF, OAJI (Open Academic Journals Index)).

(Особистий внесок здобувача: аналіз показників впливу на виробничий травматизм).

2. О. С. Ільчук, "Бенчмаркінг охорони праці для машинобудівних виробництв України", *Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут"*. Серія "Гірництво": збірник наукових праць, № 34, с. 60-65, 2017. (BASE, WorldCat, Google Scholar, OpenAIRE, Research Bible, UIF, OAJI (Open Academic Journals Index)).

3. О. Г. Левченко, О. С. Ільчук, "Математичне моделювання процесу оцінювання рівня ефективності управління охороною праці в галузі машинобудування", *Науковий журнал "Енергетика: економіка, технології, екологія"*, № 4, с. 170-175, 2017. (Google Scholar, Index Copernicus, WorldCat, BASE, OpenAIRE, PIHЦ, Джерело, URAN, Open Academic Journal Index (OAJI), Polska Bibliografia Naukowa, Research Bible, International Institute of Organized Research (I2OR), Academic Keys, General Impact Factor, Directory of Research Journals Indexing (DRJI), Scientific Indexing Services, Cosmos Impact Factor, Infobase Index, Real Time Impact Factor).

(Особистий внесок здобувача: ранжування машинобудівних виробництв, розроблення математичної моделі та матриці спостереження).

4. О. Г. Левченко, О. С. Ільчук, "Оптимальне управління розподілом та перерозподілом економічних ресурсів при виборі проектів з охорони праці для

машинобудівних виробництв", *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Збірник наукових праць, № 44(1266), с. 151-157, 2017. (WorldCat, ResearchBib, Bielefeld Academic Search Engine (BASE), Scientific Indexing Services (SIS), General Impact Factor (GIF), Open Academic Journals Index (OAJI), Directory Indexing of International Research Journals, Ulrich's Periodicals Directory (New Jersey, USA)).

(Особистий внесок здобувача: формулювання математичної постановки задачі параметричного програмування вибору проектів з охорони праці для машинобудівних виробництв, удосконалення програмного алгоритму моделі вибору проектів з охорони праці, розробленого в середовищі Microsoft Excel за допомогою макроса).

5. Ільчук О. С. "Застосування методу цілочисельної покрокової оптимізації для зниження виробничого травматизму", *Наукові доповіді НУБіП України. Серія "Техніка та енергетика АПК"*: збірник наукових праць, № 3 (73), 2018. [Електронний ресурс]. Доступно: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/issue/view/421>. (Google Scholar, Index Copernicus, BASE, eLIBRARY, AGRIS, SIS, ResearchBib, Ulrichsweb, ПИНЦ, USJ, MIAR).

*Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:*

6. О. С. Ільчук, "Використання методу головних компонент у дослідженні виробничого травматизму України", VII міжнародна науково-технічна конференція "Енергетика. Екологія. Людина". Наукові праці НТУУ "КПІ", Київ, 2016, с. 342-349.

7. О. Г. Левченко, О. С. Ільчук, "Оцінювання ефективності управління охороною праці з використанням правил ранжування за показниками впливу на рівень їх виробничого травматизму", *Актуальні питання сучасної науки (Частина II): Мат. III Міжнар. наук.-практ. конф.*, Київ, 2017, с. 41-43.

(Особистий внесок здобувача: складання алгоритму проведення ранжування виробництв).

8. Л. О. Мітюк, О. Ю. Арламов, О. С. Ільчук, "Динаміка виробничого

травматизму в Україні за 2012 рік", *Збірка тез доповідей XVI Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих учених «Екологія. Людина. Суспільство»*, Київ, 2013, с.193.

(Особистий внесок здобувача: систематизація та аналіз подій і причин нещасних випадків на виробництві, що призвели до смертельних і тяжких наслідків).

9. Л. О. Мітюк, О. С. Ільчук, Н. А. Родюк, "Аналіз виробничого травматизму в Україні за 2013 рік", *Збірка тез доповідей XVII Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих учених "Екологія. Людина. Суспільство"*, Київ, 2014, с. 148.

(Особистий внесок здобувача: розподіл потерпілих за причинами нещасних випадків).

10. Л. О. Мітюк, О. С. Ільчук, Т. М. Таїрова, Ю. О. Хомуїло, І. Ю. Жук, "Стан виробничого травматизму в Україні за 2014 рік", *Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки: Збірник матеріалів Дванадцятій Всеукраїнської науково-методичної конференції*, Київ, 2015, с. 274-277.

(Особистий внесок здобувача: узагальнення та аналіз даних за звітами органів Держгірпромнагляду про стан безпеки праці на виробництві).

11. Л. О. Мітюк, О. С. Ільчук, О. О. Блонський, В. О. Кузьмін, "Динаміка виробничого травматизму в Україні за 2014 рік", *Збірка тез доповідей XVIII Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих учених "Екологія. Людина. Суспільство"*, Київ, 2015, с. 176.

(Особистий внесок здобувача: систематизація та аналіз подій і причин нещасних випадків на виробництві, що призвели до смертельних і тяжких наслідків).

12. О. С. Ільчук, О. В. Солнцев, "Обґрунтування раціональності імплементації директиви 2009/104/ЄЕС в дійсне законодавство України", *Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки: Збірник матеріалів Тринадцятій Всеукраїнської науково-методичної конференції*, Київ, 2015, с. 117-120.



(*Особистий внесок здобувача*: порівняння окермих пунктів Директиви №2009/104/ЄС та Постанови Кабінету Міністрів України від 26 травня 2004 року № 687, що розроблена відповідно до статті 21 Закону України "Про охорону праці").

13. Л. О. Мітюк, О. С. Ільчук, Б. Ю. Бондар, "Динаміка виробничого травматизму в Україні за 2015 рік", *Матеріали XIX Міжнародної науково-практичної конференції "Екологія. Людина. Суспільство"*, Київ, 2016, с. 151.

(*Особистий внесок здобувача*: систематизація та аналіз подій і причин нещасних випадків на виробництві, що призвели до смертельних і тяжких наслідків).

14. Ю. В. Міхеев, О. С. Ільчук, О. В. Божок, Ю. О. Хомуло, "Концептуальні основи безпеки трудового процесу об'єкта господарської діяльності по критерію трудового збитку", *Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки: Збірник матеріалів Чотирнадцятої Всеукраїнської науково-методичної конференції*, Київ, 2016, с. 299-303.

(*Особистий внесок здобувача*: аналіз сумарних втрат, пов'язаних з виробничою діяльністю виробничого персоналу).

15. О. С. Ільчук, Д. А. Комаров, "Захист працівників штампувальних цехів від шкідливого впливу шуму", *Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки: Збірник матеріалів П'ятнадцятої Всеукраїнської науково-методичної конференції*, Київ, 2016, с. 100-103.

(*Особистий внесок здобувача*: розроблення технічних рішень боротьби з шумом).

16. О. Г. Левченко, О. С. Ільчук, "Проблеми виробничого травматизму в галузі машинобудування", *Інноваційний розвиток гірничодобувної галузі: Зб. мат. міжнар. наук.-техн. інтернет-конференції*, Кривий Ріг, 2016, с. 172.

(*Особистий внесок здобувача*: аналіз умов праці на машинобудівному виробництві).

17. О. Г. Левченко, О. С. Ільчук, "Поняття рейтингової оцінки та ранжування ефективності управління охороною праці на виробництві в галузі

машинобудування", *Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки: Зб. мат. Шістнадцятої Всеукраїнської наук.-метод. конф.*, Київ, 2017, с. 170-173.

(Особистий внесок здобувача: діагностика стану рівня ефективності управління охороною праці з використанням рейтингу виробництв).

18. О. Г. Левченко, О. С. Ільчук, "Аналіз задач ефективності управління охороною праці на виробництві", *Енергетика. Екологія. Людина: Зб. наук. праць IX міжнар. наук.-техн. конф. Інституту енергозбереження та енергоменеджменту КІП ім. Ігоря Сікорського*, Київ, 2017, с. 268-273.

(Особистий внесок здобувача: структурна схема задач з підвищення рівня ефективності управління охороною праці на виробництві в умовах комплексного підходу).

19. О. Г. Левченко, О. С. Ільчук, "Формування принципів побудови рейтингу рівня виробничого травматизму в галузі машинобудування", *Інноваційний розвиток гірничодобувної галузі: Зб. мат. II міжнар. наук.-техн. інтернет-конференції*, Київ, 2017, с. 194.

(Особистий внесок здобувача: виділення основних складних оцінювання травматизму з використанням рейтингу та визначення його можливості відносно аналізу стану виробничого травматизму в галузі машинобудування).

20. О. Г. Левченко, О. С. Ільчук, "Оцінка економічних результатів впровадження заходів з охорони праці по запобіганню аварій на машинобудівних підприємствах", *Потенціал сучасної науки (Частина I): Мат. II Міжнар. наук.-практ. конф.*, Київ, 2017, с. 34.

(Особистий внесок здобувача: аналізування методик визначення соціально-економічної ефективності від впровадження заходів з охорони праці зарубіжних і вітчизняних вчених).

*Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:*

21. О. Г. Левченко, О. С. Ільчук, "Застосування методу АВС-аналізу та закону Парето до аналізування виробничого травматизму в галузі машинобудування", *Проблеми охорони праці в Україні*, №33, с.74-79, 2017.

(Особистий внесок здобувача: практична реалізація методу АВС-аналізу та

закону Парето, аналіз основних причин виробничого травматизму).

22. О. Г. Левченко, О. С. Ільчук, "Аналіз та оцінка стану виробничого травматизму в галузі машинобудування", *Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". Серія "Гірництво": збірник наукових праць*, № 30, с. 171-176, 2016.

(Особистий внесок здобувача: дослідження інформаційних джерел підходів до оцінювання травматизму на виробництві, аналізування статистичної інформації нещасних випадків).

### **Відомості про апробацію результатів дисертації**

1. VIII–XVI Всеукраїнських науково-методичних конференціях «Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки» (м. Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського 14-15 травня 2013, 12-13 листопада 2013, 13-15 травня 2014, 11-13 листопада 2014, 11-13 травня 2015, 10-12 листопада 2015, 12-13 травня 2016, 14-15 листопада 2016 р, 11-12 травня 2017 р.); форма участі – очна.

2. XVI–XIX Міжнародних науково-практичних конференціях студентів, аспірантів і молодих учених «Екологія. Людина. Суспільство» (м. Київ, НТУУ «КПІ» 17–19 травня 2013, 21–25 травня 2014, 27–29 травня 2015, 12–13 травня 2016); форма участі – заочна.

3. VII, IX Міжнародних науково-технічних конференціях «Енергетика. Екологія. Людина» (м. Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського 26 травня 2016, 25-26 травня 2017); форма участі – заочна.

4. I–II Міжнародних науково-технічних Інтернет-конференціях «Інноваційний розвиток гірничодобувної галузі» (м. Кривий Ріг, КНУ, 14 грудня 2016, 14 грудня 2017); форма участі – заочна.

5. III Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні питання сучасної науки» (м. Київ, МЦНД, 15-16 травня 2017); форма участі – заочна.

6. II Міжнародній науково-практичній конференції «Потенціал сучасної науки» (м. Київ, МЦНД, 17-18 листопада 2017); форма участі – заочна.